

**RANCANG BANGUN APLIKASI OPTIMASI KOMPOSISI
BAHAN PAKAN IKAN AIR TAWAR MENGGUNAKAN
METODE *MULTI OBJECTIVE GENETIC ALGORITHM*
(MOGA)**

TUGAS AKHIR

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Informatika

Oleh :

ACHMAD CHAIRI

10351022900



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2010**

**RANCANG BANGUN APLIKASI OPTIMASI KOMPOSISI
BAHAN PAKAN IKAN AIR TAWAR MENGGUNAKAN
METODE *MULTI OBJECTIVE GENETIC ALGORITHM*
(MOGA)**

**ACHMAD CHAIRI
10351022900**

Tanggal Sidang : 16 Desember 2010
Periode Wisuda : Februari, 2011

Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

ABSTRAK

Masalah penentuan komposisi bahan pakan yang baik untuk dikonsumsi oleh ikan merupakan permasalahan yang sangat penting karena tidak semua komposisi akan memberikan hasil terbaik bagi pertumbuhan ikan dan efisiensi biaya produksi. Algoritma genetika yang memiliki kehandalan dalam menghasilkan output yang optimal dapat dimanfaatkan untuk menyelesaikan masalah tersebut dengan bantuan aplikasi. Pada aplikasi yang dibuat, terdapat beberapa input yang dibutuhkan, yaitu jumlah pakan, usia ikan, jenis kelamin, ukuran populasi, jumlah generasi, jumlah gen, probabilitas *crossover*, probabilitas *elitism* dan probabilitas mutasi. Pada penelitian ini diambil 33 data bahan pakan beserta kandungannya yang akan digunakan untuk pengujian sistem. Data-data tersebut diproses dengan metode algoritma genetika multi obyektif yang melibatkan 2 tujuan penilaian, yaitu meminimalkan perbedaan kebutuhan nutrisi dan efisiensi biaya yang dihasilkan. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dengan parameter algoritma genetika yang bervariasi, penerapan metode ini pada aplikasi untuk ikan air tawar dapat bekerja dengan rata-rata tingkat keberhasilan pemenuhan nilai gizi mencapai 100% dan tingkat efisiensi biaya mencapai 46.5%. Kombinasi optimal untuk menghasilkan pakan sejumlah 6 kg tersebut dapat dicapai dengan menggunakan parameter panjang gen 5, jumlah kromosom 200, probabilitas *crossover* 0.01, probabilitas mutasi 0.2, probabilitas *elitism* 0.03, dan jumlah generasi 5.

Kata Kunci : Algoritma Genetika Multi Obyektif (MOGA), Ikan air tawar, Komposisi, Optimasi, Pakan.

***DESIGN AND BUILD OPTIMIZATION APPLICATION FEED
INGREDIENTS COMPOSITION OF THE FRESHWATER FISH
USING MULTI OBJECTIVE GENETIC ALGORITHM (MOGA)***

**ACHMAD CHAIRI
10351022900**

*Date of Final Exam : December 16th, 2010
Graduation Cremony Priod : February, 2011*

*Informatics Engineering Department
Faculty of Sciences and Technology
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau*

ABSTRACT

The problem of determining ingredient composition of good feed to be consumed by fish is a very important problem because not all composition will give the best result for fish growth and production cost efficiency. Genetic algorithms have the reliability in producing the optimal output can be utilized to solve the problem. For using this application, there are several inputs that are needed, such as the amount of feed, fish age, gender, population size, number of generations, the number genes, crossover probability, mutation probability and the probability of elitism. This research is taken 33 feed data and content which will be used for testing the system. These data are processed by the genetic algorithm method which involves 2 multi-objectives assessment purposes; to minimize the differences in nutritional needs and cost efficiencies result. Based on the test that has been conducted with varying parameters of genetic algorithm, application of this method for freshwater fish can work with an average success rate of compliance with the nutritional value reached 100% and the level of cost efficiency reached 46.5%. Optimal combination to produce some 6 kg of feed can be achieved using gene with the length 5, the number of chromosomes 200, and the probability of crossover 0.01, probability of mutation 0.2, elitism probability 0.3, and the amount of generation 5.

Keywords: *Composition, Feed, Freshwater fish, Multi Objective Genetic Algorithm (MOGA), Optimization.*

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xix
 BAB I PENDAHULUAN	 I-1
1.1 Latar Belakang Masalah	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-3
1.3 Batasan masalah	I-4
1.4 Tujuan	I-4
1.5 Sistematika Penulisan	I-5
 BAB II LANDASAN TEORI	 II-1
2.1 Optimasi	II-1
2.1.1 Klasifikasi Masalah Optimasi	II-1
2.2 Algoritma Genetika	II-2
2.2.1 Struktur Umum Algoritma Genetika	II-3
2.2.2 Komponen-komponen Algoritma Genetika	II-3
2.2.2.1 Pengkodean	II-3
2.2.2.2 Fungsi Evaluasi	II-4
2.2.2.3 Seleksi	II-4

2.2.2.4	Rekombinasi (<i>Crossover</i>)	II-7
2.2.2.5	Mutasi (<i>Mutation</i>)	II-11
2.2.2.6	<i>Elitism</i>	II-13
2.2.3	Algoritma Genetika Multi Objektif	II-13
2.2.4	Pareto Optimum (<i>Pareto Optimality</i>)	II-17
2.2.5	Pakan Buatan	II-19
2.2.6	Kebutuhan Nutrisi	II-19
2.2.7	Pemilihan Bahan Pakan Ikan	II-20
2.2.8	Persyaratan Nutrisi Pakan Ikan	II-21
2.2.9	Bahan Pakan Ikan	II-23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		III-1
3.1	Tahapan Penelitian	III-1
3.2	Pemilihan Masalah	III-2
3.3	Studi pustaka	III-2
3.4	Perumusan masalah	III-2
3.5	Pengumpulan Data	III-2
3.6	Pengembangan Perangkat Lunak	III-2
3.7	Kesimpulan dan Saran	III-4
3.8	Dokumentasi	III-4
BAB IV ANALISA DAN PERANCANGAN		IV-1
4.1	AnalisisMasalah	IV-1
4.2	Solusi yang Diajukan	IV-4
4.3	AnalisisMetode	IV-4
4.4	Analisis Kebutuhan Sistem	IV-12
4.4.1	Kebutuhan Data Masukan (<i>Input</i>)	IV-12
4.4.2	Kebutuhan Fungsi	IV-13
4.4.3	Kebutuhan Keluaran (<i>Output</i>)	IV-14
4.4.4	Kebutuhan Perangkat Lunak	IV-14
4.5	Contoh Penghitungan Optimasi Komposisi Bahan Pakan Ikan dengan Algoritma Genetika Multi Obyektif	IV-14

4.6	Perancangan Sistem	IV-32
4.6.1	Deskripsi Fungsional	IV-32
4.6.1.1	Diagram Konteks (<i>Context Diagram</i>).....	IV-32
4.6.1.2	<i>Data Flow Diagram</i> (DFD)	IV-33
4.6.1.3	<i>Entity Relationship Diagram</i> (ERD)	IV-35
4.6.1.4	Dekomposisi Data	IV-36
4.6.1.5	Deskripsi Perancangan Rinci	IV-37
4.6.2	<i>Flowchart</i> Sistem Optimasi Komposisi Bahan Pakan	IV-40
4.6.3	Subsistem Dialog	IV-41
4.6.3.1	Perancangan Tampilan	IV-41
BAB V	IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	V-1
5.1	Implementasi Sistem	V-1
5.1.1	Lingkungan Implementasi	V-1
5.1.2	Implementasi Tampilan	V-2
5.2	Pengujian Sistem	V-3
5.2.1	Lingkungan Pengujian Sistem	V-5
5.2.2	Pengujian <i>Black box</i>	V-5
5.2.3	Deskripsi dan Hasil Pengujian Fungsi Aplikasi.....	V-7
5.2.4	Pengujian Tingkat Keberhasilan Metode MOGA .	V-22
5.2.5	Kesimpulan Pengujian	V-44
BAB VI	PENUTUP	VI-1
6.1	Kesimpulan	VI-1
6.2	Saran	VI-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini permintaan terhadap produksi perikanan guna memenuhi gizi masyarakat semakin meningkat. Konsumsi ikan penduduk Indonesia pada tahun 2008-2009 mengalami peningkatan sekitar 2,16 kg, yaitu dari 28 kg/kapita/tahun menjadi 30,16 kg/kapita/tahun. Kondisi ini berpengaruh terhadap tuntutan peningkatan produksi perikanan budi daya mengingat hasil tangkapan ikan yang pertumbuhannya cenderung konstan bahkan menurun.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan oleh pembudidaya untuk meningkatkan produktivitas ikan dalam budi daya per unit lahan yaitu melalui penggunaan pakan buatan, terutama ketika produksi pakan alami sudah tidak mampu lagi memenuhi kebutuhan nutrisi ikan yang ditebar dengan kepadatan tinggi. Kandungan gizi yang tepat pada pakan buatan dapat memenuhi kebutuhan nutrisi yang diperlukan oleh ikan untuk pertumbuhan dan perkembangannya.

Di samping mempengaruhi produktivitas ikan, pakan buatan juga merupakan komponen terbesar dalam biaya produksi, pada budi daya intensif dapat mencapai 60% dari keseluruhan biaya produksi (Afrianto dan Liviawaty, 2005). Dengan demikian dalam memproduksi pakan buatan secara mandiri sebagai alternatif pengadaan pakan tidak hanya perlu memperhatikan kualitas saja, tetapi pakan yang dihasilkan juga harus efisien.

Semuanya didapatkan dari komposisi bahan pakan yang optimal. Namun, sejauh ini penghitungan optimasi komposisi bahan pakan merupakan pekerjaan yang tidak mudah. Setidaknya bila dilihat dari jumlah produksi pada budi daya tambak: Menurut data statistik Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Riau, produksi perikanan pada tahun 2007 sejumlah 268,2 ton. Jumlah ini mengalami penurunan yang signifikan dari tahun-tahun sebelumnya. Pada tahun 2003 jumlah produksi 1.805,3 ton, tahun 2004 sejumlah 1.468,74 ton, tahun 2005 sejumlah 674,5 ton, dan tahun 2006 sejumlah 246 ton. Wawancara yang dilakukan terhadap

Agus Sukamto (2010) menyebutkan bahwa penurunan produktivitas tersebut dipengaruhi oleh kenaikan harga pakan komersial dan defisiensi gizi pada pakan.

Pakan buatan merupakan campuran dari bahan-bahan pakan yang memiliki kandungan nutrisi dan harga yang berbeda-beda. Kesalahan penentuan bahan-bahan pakan yang akan digunakan dapat berdampak pada rendahnya kandungan nutrisi dan tingginya biaya penyediaan pakan buatan yang dihasilkan. Harga pakan ikan/udang yang masih tinggi dapat menghambat peningkatan produksi (<http://www.perikanan-budidaya.dkp.go.id>, 2009).

Data penurunan produktivitas tersebut menunjukkan belum optimalnya komposisi yang dihasilkan dalam upaya pembuatan pakan secara mandiri, akibatnya, jumlah produksi mengalami penurunan ketika terjadi kenaikan harga pakan komersial.

Ketidakoptimalan penentuan komposisi dipicu oleh kriteria yang saling berkaitan dalam pemilihan bahan pakan sehingga analisis sulit dilakukan. Kriteria tersebut diantaranya tingkat ketercernaan, harga, ketersediaan, dan kandungan nutrisi (kandungan protein, lemak, karbohidrat, serat kasar, dan air).

Di samping itu, dalam optimalisasi komposisi bahan pakan selain penguasaan mengenai kebutuhan nutrisi ikan yang baik juga perlu mengetahui kandungan nutrisi bahan pakan yang akan digunakan. Berbagai pilihan bahan pakan banyak tersedia sehingga ada banyak kemungkinan kombinasi yang harus ditelusuri agar menghasilkan solusi terbaik.

Menanggapi permasalahan diatas, perlu diterapkan metode optimasi untuk menentukan komposisi bahan pakan ikan. Sampai saat ini, metode yang banyak digunakan untuk permasalahan optimasi adalah algoritma genetika. Algoritma genetika adalah suatu algoritma pencarian yang meniru mekanisme dari teknik generasi alam. Algoritma genetika ini banyak dipakai pada aplikasi bisnis, teknik maupun pada bidang keilmuan untuk mendapatkan solusi yang tepat dan merupakan model komputasi yang sangat menjanjikan pada masalah praktis yang berfokus pada pencarian parameter-parameter optimal (Suyanto, 2005).

Pemilihan algoritma genetika sebagai metode optimasi dikarenakan permasalahan komposisi bahan pakan ikan memiliki ruang masalah yang cukup besar. Setiap kromosom yang ada pada satu generasi merepresentasikan komposisi bahan pakan yang digunakan untuk mendapatkan hasil yang optimal dan kromosom yang mewakili solusi tersebut boleh mempunyai lebih dari satu jenis makanan yang sama. Jika menggunakan metode konvensional, biaya komputasi yang dibutuhkan untuk mendapatkan solusi sangat tinggi.

Di samping itu, pada sebagian besar metode konvensional sering terjadi kesalahan pengambilan solusi optimal karena pendekatan yang digunakan untuk menghasilkan solusi berdasarkan pada pengaplikasian ke suatu titik tunggal di dalam ruang penelusuran.

Pada algoritma genetika penelusuran dilakukan di berbagai arah, dengan terus menjaga suatu populasi yang dipilih untuk menjadi kandidat solusi yang potensial, dengan kata lain pendekatan genetik lebih menekankan kepada usaha melakukan penelusuran yang tidak terjebak ke dalam solusi optimal lokal karena menyeimbangkan antara eksplorasi dan eksploitasi dari ruang penelusuran. Keuntungan penggunaan algoritma genetika jelas terlihat dari kemudahan implementasi dan kemampuannya untuk menemukan solusi yang bagus (bisa diterima) secara cepat (Suyanto, 2005).

Dengan menggunakan konsep algoritma genetika, pada tugas akhir ini akan dirancang dan dibangun sebuah aplikasi untuk menentukan komposisi bahan baku pakan ikan, dengan harapan dapat menghasilkan solusi optimal dalam waktu yang relatif singkat serta mudah dalam implementasinya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari tugas akhir ini adalah bagaimana merancang dan membuat suatu aplikasi yang dapat mengoptimasi komposisi bahan pakan ikan air tawar menggunakan metode algoritma genetika multi obyektif sehingga menghasilkan pakan yang murah dan dapat memenuhi kebutuhan gizi untuk pertumbuhan ikan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Fokus penelitian ini adalah pada ikan air tawar dari golongan omnivora yaitu lele dumbo dan ikan patin siam.
2. Pada algoritma genetika, skema pengkodean menggunakan pengkodean bilangan bulat (*integer encoding*), seleksi menggunakan metode seleksi roda rolet (*roulette wheel selection*), dan penyilangan (*crossover*) menggunakan penyilangan satu titik (*one-point crossover*).
3. Parameter masukan terbagi dua yaitu parameter individu dan algoritma genetika. Parameter individu terdiri dari jenis ikan, umur ikan, jenis kelamin, dan jumlah pakan yang akan dihasilkan. Parameter algoritma genetika terdiri dari jumlah generasi maksimum, ukuran populasi, panjang kromosom, probabilitas penyilangan (*probability crossover*), probabilitas elitisme, dan probabilitas mutasi.
4. Kombinasi bahan pakan yang dihasilkan berguna untuk memenuhi kebutuhan nutrisi ikan sebagai pakan utama.
5. Fungsi kecocokan (*fitness*) dihitung berdasarkan harga pakan dan nilai gizi yang terdiri dari kandungan protein, lemak, karbohidrat, dan serat kasar.
6. Pengujian hasil terbatas hanya pada pengujian sistem, pengujian di lapangan tidak dilakukan.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah membuat suatu sistem komputerisasi menggunakan metode algoritma genetika multi obyektif untuk menentukan komposisi bahan pakan ikan air tawar dengan relatif mudah dan menghasilkan kombinasi terbaik.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- BAB I : PENDAHULUAN**
Bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penyusunan tugas akhir, dan sistematika penulisan.
- BAB II : LANDASAN TEORI**
Bab ini berisi konsep dasar optimasi, algoritma genetika, dan teori dasar mengenai pakan buatan.
- BAB III : METODELOGI PENELITIAN**
Bab ini membahas tentang langkah-langkah yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian. Pada bab ini juga dicantumkan berbagai metode dan alat yang digunakan dalam penelitian.
- BAB IV : ANALISA DAN PERANCANGAN**
Bab ini membahas tentang deskripsi umum sistem, analisis kebutuhan sistem, karakteristik pengguna, dan hasil perancangan sistem.
- BAB V : IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN**
Bab ini membahas tentang implementasi dan pengujian terhadap sistem yang telah dibuat.
- BAB VI : PENUTUP**
Dalam bab ini berisi kesimpulan yang dapat diambil dan saran yang diperlukan untuk pengembangan sistem selanjutnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Optimasi (*Optimization*)

Optimasi adalah aktivitas untuk mendapatkan hasil terbaik di bawah keadaan yang diberikan. Tujuan akhir dari semua aktivitas tersebut adalah meminimumkan usaha (*effort*) atau memaksimumkan manfaat yang diinginkan. Karena usaha yang diperlukan atau manfaat yang diinginkan dapat dinyatakan sebagai fungsi dari variabel keputusan, optimasi dapat didefinisikan sebagai proses untuk menemukan kondisi yang memberikan nilai minimum atau maksimum dari suatu fungsi (Moengin, 2009).

A computer is the perfect tool for optimization as long as the idea or variable influencing the idea can be input in electronic format (komputer adalah peralatan yang sempurna untuk optimasi sepanjang gagasan atau variabel yang mempengaruhi gagasan dapat dimasukkan ke dalam format elektronik) (Randy dkk, 2004).

2.1.1 Klasifikasi Masalah Optimasi (*Classification of Optimization Problems*)

Masalah optimasi dapat diklasifikasikan dalam beberapa bagian, seperti yang diuraikan di bawah ini (Moengin, 2009) :

a. Berdasarkan pada Keberadaan Kendala

Masalah optimasi dapat diklasifikasikan sebagai masalah terkendala atau masalah tanpa kendala, tergantung pada ada tidaknya kendala dalam masalah optimasi.

b. Berdasarkan pada Bentuk Persamaan Fungsi

Masalah optimasi dapat juga diklasifikasikan berdasarkan pada bentuk fungsi obyektif dan fungsi kendala. Menurut klasifikasi ini, masalah optimasi dapat diklasifikasikan sebagai masalah pemograman linier dan nonlinier. Suatu masalah dinamakan masalah pemograman linier jika fungsi obyektif dan semua kendala adalah fungsi linier dari variabel keputusan. Jika terdapat fungsi nonlinier diantara fungsi obyektif dan

fungsi-fungsi kendala, maka masalah tersebut dinamakan masalah pemrograman nonlinier (NPL).

c. Berdasarkan pada Nilai Variabel Keputusan

Berdasarkan pada nilai variabel keputusan yang diperbolehkan, masalah optimasi dapat diklasifikasikan sebagai masalah pemrograman bilangan bulat (*integer*) dan masalah pemrograman riil (*real*). Suatu masalah dinamakan masalah pemrograman bilangan bulat (*integer*) jika beberapa atau semua variabel keputusan x_i ($i = 1, 2, \dots, n$) dari suatu masalah optimasi dibatasi hanya bernilai bilangan bulat (*integer*), masalah optimasi tersebut dinamakan masalah pemrograman bilangan bulat (*integer*). Sebaliknya jika semua variabel keputusan bernilai bilangan riil, masalah optimasi tersebut dinamakan masalah pemrograman riil.

d. Berdasarkan pada Pemisahan Fungsi

Masalah optimasi dapat diklasifikasikan sebagai masalah pemrograman dapat dipisahkan (*separable*) atau masalah pemrograman tidak dapat dipisahkan (*nonseparable*) berdasarkan pada cara penulisan fungsi obyektif dan fungsi kendala.

e. Berdasarkan pada Banyaknya Fungsi Obyektif

Berdasarkan pada banyaknya fungsi obyektif yang dioptimalkan, masalah optimasi dapat diklasifikasikan sebagai masalah pemrograman obyektif tunggal dan multi obyektif.

2.2 Algoritma Genetika (*Genetic Algorithm*)

Algoritma genetika merupakan algoritma pencarian terbimbing (*heuristic*) yang berdasarkan pada mekanisme evolusi biologis. Algoritma genetika pertama kali dikembangkan oleh John Holland dari Universitas Michigan (1975). John Holland mengatakan bahwa setiap masalah yang berbentuk adaptasi (alami maupun buatan) dapat diformulasikan dalam terminologi genetika (Kusumadewi, 2003).

Sifat algoritma genetika adalah mencari kemungkinan-kemungkinan dari calon solusi untuk mendapatkan solusi optimal bagi penyelesaian masalah. Ruang

cakupan dari semua solusi yang layak (*feasible*), yaitu objek-objek di antara solusi yang sesuai, dinamakan ruang pencarian (*search space*). Tiap titik dalam ruang pencarian merepresentasikan satu solusi yang layak. Tiap solusi yang layak dapat ditandai dengan nilai kecocokannya (*fitness*) bagi masalah (Desiani dkk, 2006).

2.2.1 Struktur Algoritma Genetika (*Structure of Genetic Algorithm*)

Teknik pencarian dilakukan sekaligus atas sejumlah solusi yang mungkin atau lebih dikenal dengan sebutan populasi. Individu yang terdapat dalam satu populasi disebut dengan kromosom. Kromosom ini merupakan suatu solusi yang berbentuk simbol. Populasi awal dibangun secara acak, sedangkan populasi berikutnya merupakan hasil evolusi kromosom melalui iterasi yang disebut dengan generasi. Pada setiap generasi, kromosom akan melalui proses evaluasi dengan menggunakan alat ukur yang disebut dengan fungsi kecocokan (*fitness*). Nilai kecocokan (*fitness*) akan menunjukkan kualitas kromosom dari populasi tersebut. Generasi berikutnya yang dikenal dengan sebutan anak (*offspring*) terbentuk dari gabungan dua kromosom generasi sekarang yang bertindak sebagai induk (*parent*) dengan menggunakan operator penyilangan (*crossover*). Selain operator penyilangan, suatu kromosom dapat juga dimodifikasi dengan menggunakan operator mutasi. Setelah melalui beberapa generasi, maka algoritma ini akan konvergen ke kromosom terbaik (Kusumadewi, 2003).

2.2.2 Komponen Algoritma Genetika (*Components of Genetic Algorithm*)

Komponen-komponen utama dalam algoritma genetika terdiri dari pengkodean, fungsi *fitness*, seleksi, penyilangan, mutasi, *elite strategy*.

2.2.2.1 Pengkodean (*Encoding*)

Untuk menyelesaikan suatu permasalahan menggunakan algoritma genetika, perlu diketahui beberapa macam pengkodean. Berdasarkan jenis simbol yang digunakan sebagai nilai suatu gen dalam kromosom, terdapat beberapa macam pengkodean untuk merepresentasikan individu, diantaranya :

a. Pengkodean Biner (*Binary Encoding*)

Pengkodean biner merupakan cara pengkodean yang digunakan paling umum. Pada pengkodean ini, setiap gen hanya mampu bernilai nol atau satu sehingga dapat digunakan untuk merepresentasikan ‘Ya’ atau ‘Tidak’.

b. Pengkodean Bilangan Bulat (*Integer Encoding*)

Pengkodean bilangan bulat (*integer encoding*) adalah suatu pengkodean bilangan dalam bentuk bilangan bulat yang dapat digunakan untuk merepresentasikan nomor urut, posisi, jenis, atau kuantitas objek. Kromosom dari pengkodean bilangan bulat terdiri dari beberapa nilai bilangan bulat (*integer*) yang sama ataupun berbeda dan mewakili suatu posisi tertentu.

c. Pengkodean Riil (*Real-number Encoding*)

Pengkodean bilangan riil adalah suatu pengkodean dalam bentuk bilangan riil pada interval $[0, R]$, di mana R adalah bilangan riil positif dan biasanya R bernilai 1.

d. Pengkodean Permutasi (*Permutation Encoding*)

Kromosom dari pengkodean permutasi (*permutation encoding*) merupakan kumpulan dari nilai yang mewakili suatu posisi dalam sebuah urutan. Biasanya digunakan pada permasalahan TSP (*Travelling Salesman Problem*).

2.2.2.2 Fungsi *Fitness* (*Fitness Function*)

Fungsi kecocokan (*fitness function*) dalam algoritma genetika berguna untuk mengevaluasi setiap individu dengan menghitung nilai kecocokan (*fitness*) sebagai ukuran tingkat kesesuaian individu tersebut dengan kriteria yang ingin dicapai. Nilai kecocokan (*fitness*) ini yang dijadikan acuan dalam mencapai nilai optimal dalam algoritma genetika.

2.2.2.3 Seleksi (*Selection*)

Seleksi merupakan salah satu operator algoritma genetika yang berguna untuk memberikan kesempatan reproduksi yang lebih besar bagi anggota populasi

yang lebih baik dengan memperhatikan kecocokan (*fitness*) dari tiap individu. Ada beberapa metode yang bisa digunakan dalam tahap seleksi, diantaranya :

a. Seleksi Proporsional *Fitness* (*Fitness Proportionate Selection*)

Seleksi kecocokan proporsional (fitness proportionate selection) adalah suatu model seleksi individu/kromosom sebagai orang tua yang proporsional terhadap nilai kecocokannya (*fitness*). Artinya, semakin besar nilai kecocokan (*fitness*) suatu individu semakin besar pula peluang individu tersebut untuk dipilih sebagai orang tua (Suyanto, 2008). Beberapa algoritma yang sangat populer menggunakan konsep FPS (*Fitness Proportionate Selection*) yaitu :

1. Seleksi Roda Rolet (*Roulette Wheel Selection*)

Metode ini merupakan metode yang paling sederhana dan sering juga dikenal dengan nama *stochastic sampling with replacement*. Proses pemilihan individu sebagai orang tua dilakukan dengan memetakan individu-individu ke dalam suatu segmen garis secara berurutan sedemikian hingga tiap-tiap segmen memiliki ukuran yang sama dengan ukuran kecocokannya (*fitness*), kemudian sebuah bilangan acak (*random*) dan individu yang memiliki segmen dalam kawasan bilangan acak (*random*) tersebut akan terseleksi. Proses tersebut mengalami pengulangan sebanyak jumlah ukuran populasi hingga diperoleh sejumlah individu yang diharapkan. Probabilitas masing-masing individu untuk terpilih dapat diketahui dari pembagian nilai kecocokan masing-masing individu dengan total kecocokan dalam populasi. Semakin besar nilai kecocokan suatu individu, maka semakin besar pula kemungkinan untuk terpilih.

2. Percontohan Universal Stokastik (*Stochastic Universal Sampling* (SUS))

Individu-individu dipetakan dalam suatu segmen garis secara berurutan sedemikian hingga tiap-tiap segmen individu memiliki urutan yang sama dengan ukuran kecocokannya (*fitness*) seperti

halnya pada seleksi roda rolet. Perbedaanya adalah percontohan universal stokastik (*stochastic universal sampling*) melakukan sedikit modifikasi pada algoritma roda rolet dengan cara memberikan petunjuk (*pointer*) sebanyak individu yang ingin diseleksi.

b. Seleksi Berdasarkan Peringkat (*Rank-Based Selection*)

Seleksi model ini memperbaiki proses seleksi roda rolet. Populasi diurutkan menurut nilai obyektifnya. Nilai kecocokan (*fitness*) dari tiap-tiap individu hanya tergantung pada posisi individu tersebut dalam urutan, dan tidak dipengaruhi oleh nilai obyektifnya. (Kusumadewi, 2003). Salah satu metode yang termasuk dalam model ini adalah pengurutan linier (*linier ranking*). Pada metode pengurutan linier (*linier ranking*) semua individu yang berada dalam populasi diurutkan berdasarkan nilai kecocokannya (*fitness*) secara menaik (*ascending*). Nilai kecocokan (*fitness*) hasil pengurutan dihitung menggunakan rumus :

$$f'(Pos) = (2 - S) + 2(S - 1) \frac{(Pos - 1)}{(N - 1)} \quad (2.1)$$

Dengan :

S = *selective pressure*, berada pada interval $[1, 2]$;

Pos = posisi individu dalam populasi;

N = ukuran populasi;

c. Seleksi Pemotongan (*Truncation Selection*)

Pada metode ini individu diurutkan berdasarkan nilai kecocokannya (*fitness*), hanya individu yang terbaik saja yang akan diseleksi sebagai induk. Suatu nilai ambang (*trunc*) sebagai parameter digunakan untuk mengidentifikasi ukuran populasi yang akan diseleksi sebagai induk. Penentuan nilai ambang berkisar antara 50%-100%, individu-individu yang ada dibawah nilai ambang tidak akan menghasilkan keturunan.

d. Seleksi Turnamen (*Tournament Selection*)

Seleksi turnamen sangat tepat digunakan untuk mengatasi masalah pemilihan pada ukuran populasi yang cukup besar. Prosedur yang digunakan dalam seleksi ini yaitu dengan mengambil sejumlah kromosom secara acak dari populasi. Dari sejumlah kromosom yang diambil, dipilih salah satu kromosom sebagai orang tua dengan cara tertentu sesuai dengan permasalahan yang dihadapi. Prosedur tersebut dilakukan secara berulang hingga dihasilkan kromosom sebagai orang tua sebanyak ukuran populasi.

2.2.2.4 Penyilangan (*Crossover*)

Penyilangan (*crossover*) adalah salah satu operator penting dalam algoritma genetika yang berguna untuk menciptakan keberagaman materi genetik individu pada generasi baru. Proses penyilangan dilakukan dengan mempertukarkan struktur kromosom antara dua induk yang terpilih pada proses seleksi, metode yang dilakukan tergantung pada teknik pengkodean kromosom. Berdasarkan teknik pengkodean kromosom terdapat beberapa cara, diantaranya sebagai berikut :

a. Pengkodean Biner (*Binary Encoding*)

Terdapat beberapa cara untuk melakukan rekombinasi pada pengkodean biner, yaitu :

1. Penyilangan Satu Titik (*Single-point Crossover*)

Pada penyilangan satu titik, dipilih secara acak posisi penyilangan k ($k = 1, 2, 3, \dots, N-1$) dengan N adalah jumlah gen dalam kromosom, kemudian dilakukan pertukaran variabel-variabel antara kromosom induk untuk menghasilkan anak pada titik tersebut.

2. Penyilangan Banyak Titik (*Multi-point Crossover*)

Penyilangan dilakukan sebanyak m ($m = 1, 2, 3, \dots, n-1$) dengan posisi penyilangan k ($k = 1, 2, 3, \dots, n-1$) yang ditentukan secara acak dan tidak boleh ada posisi yang sama, serta diurutkan naik. Kemudian dilakukan pertukaran variabel-variabel antara kromosom induk pada sejumlah titik tersebut untuk menghasilkan anak.

3. Penyilangan Seragam (*Uniform Crossover*)

Suatu pola berupa susunan biner sepanjang kromosom dibangkitkan secara acak, kemudian dilakukan penyilangan sebanyak jumlah gen dalam kromosom tersebut. Jika pola bernilai 1 maka pewarisan gen dilakukan secara bersilangan antara kromosom induk pada posisi gen yang sama.

b. Pengkodean Bilangan Bulat (*Integer Encoding*)

Penyilangan pada pengkodean bilangan bulat (*integer encoding*) bisa dilakukan menggunakan tiga metode seperti pada pengkodean biner. Tiga metode tersebut yaitu penyilangan satu titik, penyilangan banyak titik, dan penyilangan seragam.

c. Pengkodean Riil (*Real-number Encoding*)

Terdapat dua cara untuk melakukan rekombinasi pada pengkodean riil (*real-number encoding*), yaitu :

1. Penyilangan Terpisah (*Discrete Crossover*)

Setiap gen pada kromosom anak dipilih dari salah satu orang tuanya dengan probabilitas yang sama, dapat menggunakan penyilangan banyak titik (*multi-point crossover*) atau penyilangan seragam (*uniform crossover*).

2. Penyilangan Perhitungan (*Arithmetic Crossover*)

Pada penyilangan perhitungan digunakan nilai parameter l yang nilainya berada pada interval 0 sampai 1 dan ditentukan secara acak. Terdapat tiga model penyilangan perhitungan, yaitu :

a. Penyilangan Perhitungan Tunggal (*Single Arithmetic Crossover*)

Pada metode penyilangan perhitungan tunggal (*single arithmetic crossover*), dipilih secara acak satu posisi k dalam kromosom, dua kromosom orang tua dinyatakan sebagai kromosom induk (x_1, \dots, x_n) dan (y_1, \dots, y_n) , kemudian kromosom anak dihasilkan dengan cara :

Anak 1 : $(x_1, \dots, x_{k-1}, ly_k + (1-l)x_k, \dots, x_n)$

Anak 2 : $(y_1, \dots, y_{k-1}, lx_k + (1-l)y_k, \dots, y_n)$

- b. Penyilangan Perhitungan Sederhana (*Simple Arithmetic Crossover*)

Pada penyilangan perhitungan sederhana (*simple arithmetic crossover*), dipilih secara acak satu posisi k dalam kromosom, dua kromosom orang tua dinyatakan sebagai kromosom induk (x_1, \dots, x_n) dan (y_1, \dots, y_n) , kemudian kromosom anak dihasilkan dengan cara :

Anak 1 : $(x_1, \dots, x_k, ly_{k+1} + (1-l)x_{k+1}, \dots, ly_n + (1-l)x_n)$

Anak 2 : $(y_1, \dots, y_k, lx_{k+1} + (1-l)y_{k+1}, \dots, lx_n + (1-l)y_n)$

- c. Penyilangan Perhitungan Keseluruhan (*Whole Arithmetic Crossover*)

Pada penyilangan perhitungan keseluruhan (*whole arithmetic crossover*), dua kromosom orang tua dinyatakan sebagai kromosom induk (x_1, \dots, x_n) dan (y_1, \dots, y_n) , kromosom anak dihasilkan dengan cara :

Anak 1 : $l \cdot x + (1-l) \cdot y$

Anak 2 : $l \cdot y + (1-l) \cdot x$

- d. Pengkodean Permutasi (*Permutation Encoding*)

Terdapat beberapa cara untuk melakukan rekombinasi pada pengkodean permutasi (*permutation encoding*), yaitu :

1. Penyilangan Pemetaan Sebagian (*Partially Mapped Crossover (PMX)*)

Secara sederhana metode penyilangan pemetaan sebagian dapat dituliskan sebagai berikut (Suyanto, 2008) :

- Pilih segmen kedua orang tua secara acak dengan cara membangkitkan dua titik, TP1 dan TP2.
- Kopi segmen orang tua 1 ke anak 1.

- c. Mulai dari TP1 lakukan pemetaan gen-gen yang ada dalam segmen orang tua 2 tetapi tidak ada dalam segmen orang tua pertama.
- d. Wariskan setiap gen tersebut tersebut ke anak 1 pada posisi hasil pemetaan.
- e. Setelah semua gen di dalam segmen sudah diwariskan ke anak 1, maka posisi-posisi gen anak 1 yang masih kosong diisi dengan gen-gen orang tua dua pada posisi-posisi yang bersesuaian. Lakukan hal yang sama untuk membangkitkan anak 2.

2. Penyilangan Siklus (*Cycle Crossover (CX)*)

Metode ini mencari siklus-siklus yang terdapat pada kedua kromosom orang tua dan mewariskan siklus-siklus tersebut menyilang dan searah secara bergantian. Secara sederhana algoritma penyilangan siklus (*cycle crossover*) dapat dituliskan sebagai berikut (Suyanto, 2008) :

- a. Cari siklus (*cycle*) pada orang tua satu. Caranya mulai dari posisi pertama orang tua 1 yang belum diwariskan, buat panah ke posisi yang sama pada orang tua 2, kemudian buat panah ke posisi gen yang bernilai sama pada orangtua 1. Tambahkan gen ini ke siklus (*cycle*). Ulangi langkah dari membuat panah ke posisi yang sama pada orangtua 2.
- b. Wariskan gen-gen orang tua yang berada pada siklus (*cycle*) ini kepada kedua anaknya sesuai dengan posisi masing-masing dengan cara menyilang dan searah secara bergantian.

Pada proses penyilangan (*crossover*) dikenal sebuah parameter probabilitas penyilangan (*crossover probability*). Probabilitas penyilangan menyatakan seberapa sering proses penyilangan (*crossover*) akan terjadi antara dua kromosom orang tua. Semakin tinggi probabilitas penyilangan maka semakin cepat keragaman terbentuk.

2.2.2.5 Mutasi (*Mutation*)

Mutasi merupakan proses mengubah nilai dari satu atau beberapa gen dalam suatu kromosom untuk membentuk individu-individu yang baik dibandingkan individu sebelumnya. Pada mutasi ini sangat dimungkinkan munculnya kromosom baru yang semula belum muncul dalam populasi awal. Berdasarkan teknik pengkodean kromosom yang digunakan, mutasi dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu :

a. Pengkodean Biner (*Binary Encoding*)

Mutasi dilakukan secara sederhana dengan pembalikan nilai biner pada posisi tertentu yang dipilih secara acak dalam kromosom.

b. Pengkodean Bilangan Bulat (*Integer Encoding*)

Terdapat beberapa cara untuk melakukan mutasi pada pengkodean bilangan bulat, yaitu :

1. Pembalikan Nilai Bilangan Bulat (*Inversion of Integer Values*)

Cara ini merupakan perluasan dari mutasi pada representasi biner, dengan hasil mutasi berupa inversi nilai bilangan bulat (*integer*) pada posisi tertentu.

2. Pemilihan Nilai Secara Acak (*Selection of Random Values*) Suatu gen yang terpilih untuk dimutasi nilainya diganti dengan gen baru yang dibangkitkan secara acak dalam interval nilai-nilai gen yang diizinkan.

3. Mutasi Perlahan (*Creep Mutation*)

Mutasi dilakukan dengan menambahkan suatu bilangan bulat kecil (negatif atau positif) pada gen yang dimutasi.

c. Pengkodean Riil (*Real-number Encoding*)

Terdapat beberapa cara untuk melakukan mutasi pada pengkodean riil (*real-number encoding*), yaitu :

1. Mutasi Seragam (*Uniform Mutation*)

Nilai-nilai gen hasil mutasi didapatkan dari pembangkitan bilangan secara acak dengan distribusi seragam dalam interval nilai-nilai gen yang diizinkan.

2. Mutasi Tidak Seragam (*Non-uniform Mutation*)

Mutasi dilakukan dengan penambahan suatu bilangan riil ke gen yang dimutasi. Prosesnya sama dengan mutasi perlahan pada representasi bilangan bulat (*integer*).

d. Pengkodean Permutasi (*Permutation Encoding*)

Terdapat beberapa cara untuk melakukan mutasi pada pengkodean permutasi (*permutation encoding*), yaitu :

1. Mutasi Pertukaran (*Swap Mutation*)

Pilih dua posisi gen pada suatu kromosom secara acak, kemudian pertukarkan nilai gen pada kedua posisi tersebut.

2. Mutasi Penyisipan (*Insert Mutation*)

Pilih dua posisi gen P1 dan P2 pada suatu kromosom secara acak, kemudian sisipkan gen posisi P2 setelah P1.

3. Mutasi Pengacakan (*Scramble Mutation*)

Pilih dua titik potong T1 dan T2 pada suatu kromosom secara acak untuk menghasilkan segmen kromosom, kemudian lakukan pengacakan posisi pada semua gen yang berada dalam segmen tersebut.

4. Mutasi Pembalikan (*Inversion Mutation*)

Pilih dua titik potong T1 dan T2 pada suatu kromosom secara acak untuk menghasilkan segmen kromosom, kemudian lakukan pembalikan gen yang berada dalam segmen tersebut.

Pada proses mutasi dikenal sebuah parameter probabilitas mutasi (*mutation probability*). Nilai probabilitas mutasi ini menunjukkan seberapa sering gen tertentu dari kromosom yang telah diproses dengan penyilangan (*crossover*) akan melewati mutasi.

2.2.2.6 Strategi Pilihan (*Elite Strategy / Elitism*)

Strategi pilihan merupakan suatu prosedur yang bertujuan untuk mempertahankan individu terbaik dari tiap generasi dengan cara membuat duplikatnya. Proses ini diperlukan karena tidak ada jaminan bahwa suatu individu yang memiliki nilai kecocokan (*fitness*) tertinggi akan selalu terpilih dalam proses seleksi.

Algoritma Genetika Multi Obyektif (*Multi Objective Genetic Algorithm*)

Murata et al. (1996) proposed a MOGA and applied it to flowshop scheduling. They used weighted sum to combine multiple objectives into single objective (Murata (1996) mengusulkan algoritma genetika multi obyektif dan menerapkannya pada penjadwalan *flowshop*. Algoritma genetika multi obyektif yang diusulkan menggunakan penjumlahan terbobot untuk menggabungkan berbagai sasaran ke dalam suatu sasaran tunggal) (www.yzu.edu.tw, 2004) :

$$f(x) = w_1 f_1(x) + w_2 f_2(x) + \dots + w_n f_n(x) \quad (2.2)$$

Dengan :

$f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)$ = fungsi-fungsi obyektif;

w_1, w_2, \dots, w_n = bobot-bobot pada fungsi obyektif;

The weights consist of random numbers and they are generated as the following way (bobot-bobot tersebut terdiri dari bilangan acak dan dihasilkan dengan cara) (www.yzu.edu.tw, 2004) :

$$w_i = \frac{r_i}{r_1 + r_2 + \dots + r_n}, \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (2.3)$$

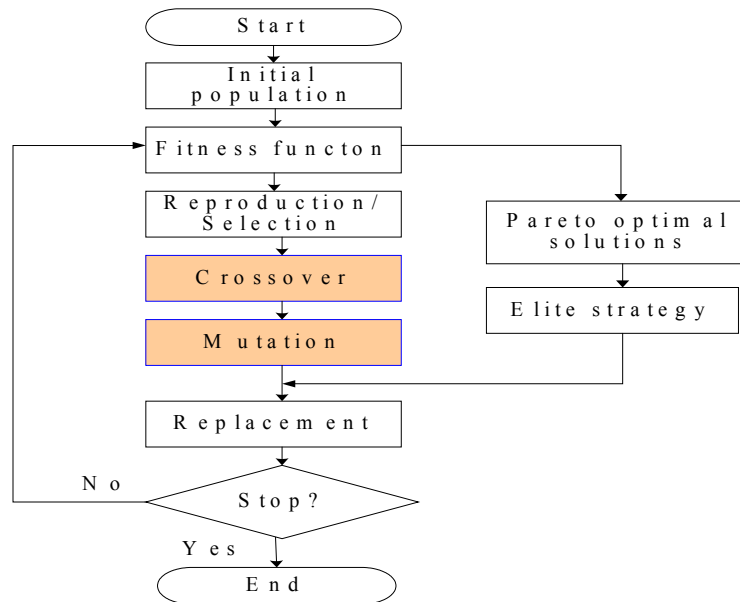
Dengan :

r_1, r_2, \dots, r_n = bilangan acak, berada pada interval $[0, 1]$ mengikuti kondisi-kondisi sebagai berikut :

$$w_i \geq 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, n$$

$$w_1 + w_2 + \dots + w_n = 1$$

Dalam algoritma genetika multi obyektif yang diusulkan oleh Murata (1996), terdapat beberapa urutan proses yang perlu dilakukan seperti yang terlihat pada Gambar 2.1 :



Gambar 2.1 Algoritma Genetika Multi Obyektif

(Sumber : www.yzu.edu.tw, 2004)

Penjelasan lebih lanjut dari siklus algoritma genetika multi obyektif pada Gambar 2.1 tersebut sebagai berikut :

1. Pengkodean (*Encoding*)
Teknik pengkodean disini meliputi pengkodean gen pada kromosom. Gen merupakan bagian dari kromosom (Suyanto, 2008).
2. Menghasilkan Populasi Awal (*Generate Initial Population*)
Initial solutions are randomly generated and these initial solutions form the first population (solusi-solusi awal dihasilkan secara acak dan solusi-solusi ini merupakan bentuk populasi pertama) (www.yzu.edu.tw, 2004).
3. Simpan Solusi Optimal Pareto (*Record Pareto Optimal Solutions*)
Calculate the objective values of chromosomes in the population and record the Pareto optimal solutions (menghitung nilai-nilai obyektif dari kromosom yang ada dalam populasi dan mencatat solusi-solusi optimal pareto) (www.yzu.edu.tw, 2004).

4. Menghitung Nilai Obyektif (*Calculate Objective Value*)

Total fungsi obyektif dihasilkan dengan menggunakan persamaan 2.2, dan bobot-bobot dihasilkan secara acak (*random*).

5. Penilaian Kecocokan (*Fitness Evaluation*)

The original concept of fitness is the larger the better because solutions with larger fitness tend to propagate to the next generation (konsep dasar dari nilai kecocokan (*fitness*) adalah semakin besar akan lebih baik, karenanya solusi-solusi dengan nilai kecocokan (*fitness*) yang besar cenderung untuk menyebar pada generasi berikutnya) (www.yzu.edu.tw, 2004). Pada fungsi yang semua nilainya adalah positif bisa dilakukan dengan cara (Suyanto, 2008) :

$$F_k = 1 / N_k; \quad k = 1, 2, \dots, \text{popsize.} \quad (2.4)$$

6. Seleksi (*Selection*)

Seleksi berguna untuk memberikan kesempatan reproduksi yang lebih besar bagi anggota populasi yang paling berkualitas. Pada penelitian ini metode seleksi yang digunakan yaitu seleksi roda rolet. Langkah-langkah yang harus dilakukan sebagai berikut (Kusumadewi, 2003) :

Hitung total *fitness* (F_{total}) :

$$F_{\text{total}} = \sum F_k; \quad k = 1, 2, \dots, \text{popsize.} \quad (2.5)$$

Hitung *fitness* relatif (P_k) tiap individu :

$$P_k = F_k / F; \quad k = 1, 2, \dots, \text{popsize.} \quad (2.6)$$

Hitung *fitness* komulatif (q_k) :

$$q_1 = P_1 \\ q_k = q_{k-1} + P_k; \quad k = 2, \dots, \text{popsize.} \quad (2.7)$$

Pemilihan induk untuk penyalangan (*crossover*) :

$$r = \text{rand}() \\ \text{Jika } q_k \leq r \text{ dan } q_{k+1} > r, \text{ pilih kromosom } (k+1); \quad (2.8)$$

7. Penyilangan (*Crossover*)

Penyilangan (*crossover*) dilakukan terhadap dua kromosom untuk menghasilkan kromosom anak (*offspring*), pada penelitian ini metode penyilangan yang digunakan yaitu penyilangan satu titik. Langkah-langkah yang harus dilakukan sebagai berikut (Kusumadewi, 2003) :

Hitung total kromosom yang diharapkan akan mengalami *crossover*:

$$\text{Total } crossover = P_c * \text{popsize} \quad (2.9)$$

Pemilihan kromosom yang akan mengalami penyilangan (*crossover*) dilakukan dengan membangkitkan bilangan acak r antara $[0 \ 1]$ sebanyak ukuran populasi (popsize).

$$\text{Jika } r < P_c, \text{ pilih kromosom} \quad (2.10)$$

Silangkan tiap dua kromosom induk yang terpilih. Titik penyilangan ditentukan dengan membangkitkan satu bilangan acak pada interval satu sampai ($\text{panjang kromosom} - 1$).

8. Mutasi (*Mutation*)

Mutasi merupakan proses mengubah nilai dari satu atau beberapa gen dalam suatu kromosom, pada penelitian ini metode mutasi yang digunakan yaitu mutasi dengan pemilihan nilai secara acak. Langkah-langkah yang harus dilakukan sebagai berikut (Kusumadewi, 2003) :

Hitung jumlah gen yang ada pada populasi :

$$\text{Jumlah gen} = \text{popsize} * L \quad (2.11)$$

Hitung total gen yang diharapkan akan mengalami mutasi :

$$\text{Total mutasi} = P_m * \text{Jumlah gen} \quad (2.12)$$

Pemilihan gen yang akan mengalami mutasi dilakukan dengan membangkitkan bilangan acak r antara $[0 \ 1]$ sebanyak jumlah gen dalam populasi. Apabila nilai bilangan acak r lebih kecil dari probabilitas mutasi maka pilih gen yang diwakili oleh bilangan acak r , kemudian ganti nilai gen dengan nilai yang diizinkan.

9. Strategi Pilihan (*Elite Strategy / Elitism*)

The elite strategy retains the top k solutions in order to keep quality solutions in each generation (strategi pilihan merupakan strategi yang berguna untuk mempertahankan sejumlah solusi terbaik pada tiap generasi) (www.yzu.edu.tw, 2004).

10. Penggantian (*Replacement*)

The new population generated by the previous steps updates the old population (populasi lama digantikan oleh populasi baru yang dihasilkan dari langkah-langkah sebelumnya) (www.yzu.edu.tw, 2004).

11. Memperbarui Solusi Optimal Pareto (*Update Pareto Optimal Solutions*)

Search the Pareto optimal solutions in the new population and update the old Pareto optimal solutions with new ones (lakukan pencarian solusi optimal pareto pada populasi baru dan ganti solusi optimal pareto lama dengan yang baru) (www.yzu.edu.tw, 2004).

12. Aturan Berhenti (*Stopping Rule*)

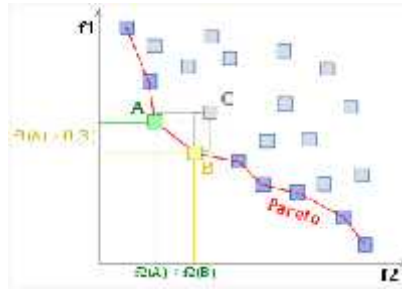
If the number of generations equals to the pre-specified number then stop (jika jumlah generasi sama dengan nomor yang ditentukan maka proses algoritma genetika dihentikan) (www.yzu.edu.tw, 2004).

2.2.4 Pareto Optimum (*Pareto Optimality*)

Dalam menangani sebuah permasalahan optimasi dengan banyak tujuan, prinsip optimasi untuk menyelesaikan permasalahan dengan satu tujuan (*single objective problem*) tidaklah serta-merta dapat diterapkan, apalagi mempertimbangkan kemungkinan adanya konflik di antara tujuan-tujuan tersebut. Untuk menyelesaikan masalah seperti ini dapat digunakan satu cara yang menggunakan ide dari pareto optimum (Suyanto, 2005).

The term is named after [Vilfredo Pareto](#), an Italian economist who used the concept in his studies of [economic efficiency](#) and [income distribution](#) (sesuai namanya istilah *pareto optimality* ini dikemukakan oleh [Vilfredo Pareto](#), seorang ahli ekonomi Italia yang menggunakan konsepnya dalam studi efisiensi ekonomi dan distribusi pendapatan) (<http://en.wikipedia.org>, 2009).

Solusi yang ditemukan melalui konsep ini bukan berupa satu titik melainkan kumpulan beberapa titik disebut *pareto frontier* atau *pareto set*. *The Pareto frontier or Pareto set is the set of choices that are Pareto efficient (pareto set adalah himpunan pilihan yang memenuhi konsep pareto optimum)* (<http://en.wikipedia.org>, 2009).



Gambar 2.2 Solusi Pareto (Sumber : <http://en.wikipedia.org>, 2009)

Definisi Solusi Optimal Pareto (*Definition of Pareto Optimal Solutions*)

Let $x_0, x_1, x_2 \in F$, and F is a feasible region, and x_0 is called the pareto optimal solution in the minimization problem if the following conditions are satisfied.

1. If $f(x_1)$ is said to be partially greater than $f(x_2)$, i.e. $f_i(x_1) \geq f_i(x_2), \forall i = 1, 2, \dots, n$ and $f_i(x_1) > f_i(x_2), \exists i = 1, 2, \dots, n$, then x_1 is said to be dominated by x_2 .
2. If there is no $x \in F$ s.t. x dominates x_0 , then x_0 is the pareto optimal solutions. ($x_0, x_1, x_2 \in F$, dan F merupakan wilayah solusi yang mungkin, dan x_0 disebut solusi optimal pareto pada permasalahan minimasi jika kondisi-kondisi berikut dipenuhi.
1. Jika $f(x_1)$ disebut secara parsial lebih besar dari $f(x_2)$, dengan kata lain $f_i(x_1) \geq f_i(x_2), \forall i = 1, 2, \dots, n$ dan $f_i(x_1) > f_i(x_2), \exists i = 1, 2, \dots, n$, maka x_1 dikatakan didominasi oleh x_2 .
2. Jika tidak ada $x \in F$ s.t. x mendominasi x_0 , maka x_0 adalah solusi optimal pareto) (www.yzu.edu.tw, 2004).

2.3 Pakan Buatan (*Artificial Feed*)

Pakan buatan adalah campuran dari berbagai sumber bahan baku yang disusun secara khusus berdasarkan komposisi yang dibutuhkan untuk digunakan sebagai pakan. Berdasarkan tingkat kebutuhannya, pakan buatan dapat dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu (Afrianto dkk, 2005) :

1. Pakan Tambahan

Dalam hal ini, ikan sudah mendapatkan pakan dari alam, namun jumlahnya belum mencukupi untuk tumbuh dengan baik sehingga perlu diberi pakan buatan sebagai pakan tambahan.

2. Pakan Suplemen

Pakan yang sengaja dibuat untuk menambah nutrisi tertentu yang tidak mampu disediakan pakan alami.

3. Pakan Utama

Pakan yang sengaja dibuat untuk menggantikan sebagian besar atau keseluruhan pakan alami.

2.3.1 Kebutuhan Nutrisi (*Nutrition Requirement*)

Nutrisi adalah substansi organik yang dibutuhkan organisme untuk fungsi normal dari sistem tubuh, pertumbuhan, dan pemeliharaan kesehatan. Nutrisi didapatkan dari makanan dan cairan yang selanjutnya diasimilasi oleh tubuh. Jumlah dan komposisi zat-zat gizi yang dibutuhkan oleh ikan sangat bervariasi. Zat-zat gizi yang dibutuhkan oleh ikan dapat digolongkan menjadi dua kelompok, yaitu (Afrianto dkk, 2005) :

1. Kelompok yang Menghasilkan Energi

Zat-zat gizi yang termasuk dalam kelompok ini akan menghasilkan energi bila dicerna oleh ikan. Beberapa komponen zat gizi yang dapat menghasilkan energi yaitu protein, lemak, dan karbohidrat. Komponen tersebut juga disebut sebagai komponen makro karena dibutuhkan oleh ikan dalam jumlah relatif besar.

2. Kelompok yang Tidak Menghasilkan Energi

Komponen pakan yang tidak menghasilkan energi adalah vitamin dan mineral. Komponen tersebut juga disebut dengan komponen mikro karena dibutuhkan oleh ikan dalam jumlah relatif kecil.

2.3.2 Pemilihan Bahan Pakan Ikan (*Selection of Fish Feed Ingredients*)

Bahan baku pakan merupakan bahan-bahan hasil pertanian, perikanan, peternakan, dan hasil industri yang mengandung zat gizi dan layak digunakan sebagai pakan. Terdapat beberapa persyaratan yang sebaiknya dipenuhi dalam pemilihan bahan baku pakan, yaitu (Afrianto dkk, 2005) :

1. Nilai Gizi

Pengetahuan mengenai nilai gizi bahan baku pakan sangat penting untuk menentukan komposisi bahan tersebut dalam pakan buatan. Dengan demikian, kandungan gizi pakan buatan dapat disesuaikan menurut kebutuhan. Pengetahuan mengenai nilai gizi bahan baku pakan sangat berguna untuk menutupi kekurangan yang dimiliki oleh bahan baku lainnya.

2. Mudah Dicerna

Bahan baku pakan buatan hendaklah mudah dicerna oleh ikan agar nilai efisiensi pakannya cukup tinggi. Semakin tinggi nilai ubahnya, berarti bahan baku pakan tersebut semakin sulit dicerna.

3. Tidak Mengandung Racun

Racun adalah zat yang dapat menyebabkan sakit atau kematian apabila masuk ke dalam tubuh. Kemungkinan adanya racun dalam bahan baku pakan harus diketahui agar tidak membahayakan ikan peliharaan. Racun yang mencemari bahan baku pakan antara lain obat pemberantas hama, buangan industri (*hexachlor benzen* dan *polychlorinated biphenyls*).

4. Mudah Diperoleh

Pengeluaran terbesar dalam budi daya ikan adalah biaya pengadaan pakan. Apabila bahan baku pembuatan pakan sulit diperoleh, biaya pengadaan pakan juga akan meningkat.

5. Nilai Ekonomi

Dalam pemilihan bahan baku pakan ikan, hendaklah mempertimbangkan efisiensi pakan yang akan dibuat dengan memilih bahan baku yang lebih murah.

2.3.3 Persyaratan Nutrisi Pakan Ikan (*Nutritional Requirements of Fish Feed*)

Persyaratan nutrisi pada pakan ikan lele dumbo dan patin berdasarkan hasil wawancara. Persyaratan ini dirumuskan sebagai upaya mencapai pertumbuhan optimal mengingat pakan buatan sangat berpengaruh terhadap kegiatan budi daya sehingga diperlukan persyaratan teknis tertentu.

Tabel 2.1 Persyaratan Nutrisi Pakan Lele Dumbo

No	Jenis Uji	Satuan (as feed)	Persyaratan		
			Benih	Pembesaran	Induk
1	Kadar protein	%	35 - 48	34 - 37	32 - 38
2	Kadar lemak	%	5 - 20	5 - 20	5 - 20
3	Kadar karbohidrat	%	3 - 13	3 - 13	3 - 13
4	Kadar serat	%	4 - 6	4 - 8	4 - 8

Sumber : Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Riau (2010)

Pengelompokan tahap pertumbuhan lele dumbo dan ikan patin siam (benih, pembesaran, dan induk) pada sistem mengikuti kriteria dalam SNI (Standar Nasional Indonesia). Kriteria kuantitatif benih lele dumbo sebagai berikut :

Tabel 2.2 Kriteria Benih Lele Dumbo

No	Kriteria	Satuan	Benih	Pendederan			
				I	II	III	IV
1	Umur maksimal	hari	3	20	40	54	75
2	Panjang total	cm	0,75-1	1-3	3-5	5-8	8-12
3	Bobot minimal	gram	0,05	1	2,5	5	10
4	Keseragaman ukuran	%	>90	>75	>75	>75	>75
5	Keseragaman warna	%	100	>90	>90	>90	>98

Sumber : SNI 01-6484.2- 2000 (2000)

Kriteria kuantitatif induk lele dumbo sebagai berikut :

Tabel 2.3 Kriteria Induk Lele Dumbo

No	Kriteria	Satuan	Jenis Kelamin	
			Jantan	Betina
1	Umur induk	bulan	8-12	12-15
2	Panjang standar	cm	40-45	38-40
3	Bobot badan pertama matang gonad	gram/ekor	500-750	400-500
4	Fekunditas	butir/kg bobot tubuh	-	50.000-100.000
5	Diameter telur	mm	-	1,4-1,5

Sumber : SNI 01-6484.1- 2000 (2000)

Persyaratan nutrisi pakan ikan patin sebagai berikut :

Tabel 2.4 Persyaratan Nutrisi Pakan Ikan Patin Siam

No	Jenis Uji	Satuan (as feed)	Persyaratan		
			Benih	Pembesaran	Induk
1	Kadar protein	%	30 - 36	25 - 30	35 - 39
2	Kadar lemak	%	12 - 18	12 - 18	15 - 20
3	Kadar karbohidrat	%	3 - 10	3 - 10	3 - 10
4	Kadar serat	%	4 - 6	4 - 8	4 - 8

Sumber : Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Riau (2010)

Kriteria kuantitatif benih patin siam sebagai berikut :

Tabel 2.5 Kriteria Benih Patin Siam

No	Kriteria	Satuan	Benih	Pendederan	
				I	II
1	Umur maksimal	hari	2	15	45
2	Panjang total	cm	0,1-0,2	0,75	2,0-3,0
3	Bobot minimal	gram	-	0,025	3,0-4,0
4	Keseragaman ukuran	%	90	75	75
5	Keseragaman warna	%	100	98	99

Sumber : SNI 01-6483.2- 2000 (2000)

Kriteria kuantitatif induk patin siam sebagai berikut :

Tabel 2.6 Kriteria Kuantitatif Induk Patin Siam

No	Kriteria	Satuan	Jenis Kelamin	
			Jantan	Betina
1	Umur induk	tahun	>1,5	>2,5
2	Panjang standar	cm	40	45
3	Bobot badan pertama matang gonad	kg/ekor	>2,0	>3,0
4	Fekunditas	butir/kg bobot tubuh	-	150.000-200.000
5	Diameter telur	mm	-	1,0-1,2

Sumber : SNI 01-6483.1- 2000 (2000)

2.3.4 Bahan Pakan Ikan (*Fish Feed Ingredients*)

Penghitungan kandungan nutrisi dan pemilihan bahan pakan membutuhkan ketersediaan data kandungan nutrisi bahan-bahan pakan ikan.

Tabel 2.7 Contoh Pola Data Bahan Pakan Ikan

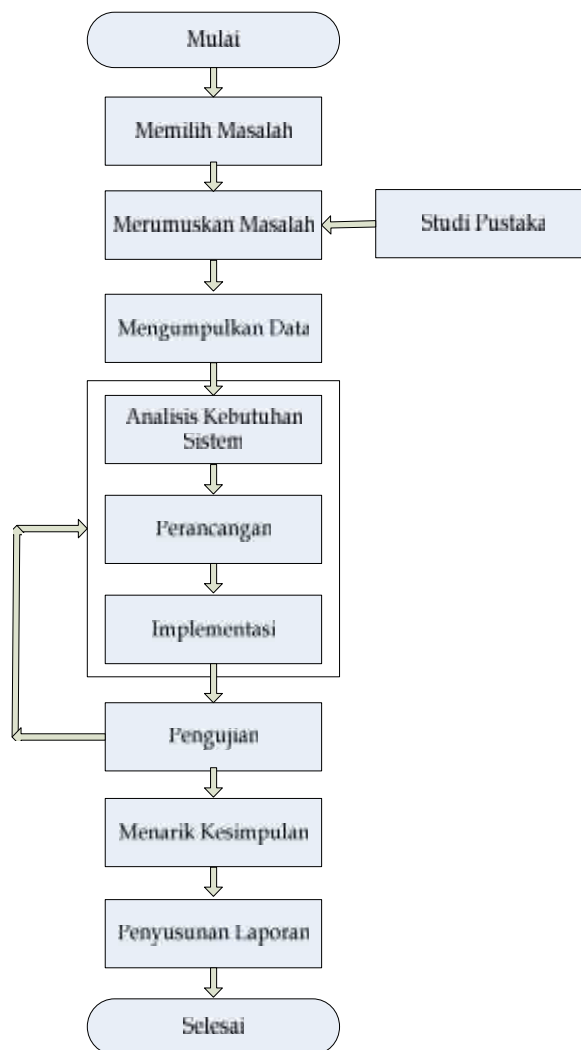
No	Jenis Bahan	Protein (%)	Lemak (%)	Karbohidrat (%)	Serat Kasar (%)
1	Tepung ikan	22,65	4,05	12,79	3,34
2	Tepung udang	53,74	6,65	10,79	14,79
3	Dedak halus	15,38	7,79	34,73	7,80
4	Ampas tahu	13,86	2,93	42,97	26,97

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Penyusunan tugas akhir dilakukan melalui beberapa tahapan yang membentuk sebuah alur sistematis. Tahap-tahap yang dilakukan sebagai berikut :



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

3.2 Pemilihan Masalah

Pemilihan masalah merupakan upaya memilih atau menentukan masalah yang dapat diteliti karena adanya ketersediaan data, dukungan teori, dan waktu. Permasalahan utama pada penelitian ini yaitu optimasi komposisi bahan pakan ikan pada pembuatan pakan.

3.3 Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan cara mempelajari, mendalami, dan mengutip teori-teori dari sejumlah buku, jurnal, buku elektronik (*e-book*), dan karya tulis lainnya yang berhubungan dengan topik penelitian. Berbagai konsep atau teori yang didapat dari studi pustaka berkaitan dengan konsep optimasi, metode algoritma genetika multi obyektif, dan konsep tentang pakan buatan.

3.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah diidentifikasi, maka yang menjadi fokus dari penelitian ini yaitu bagaimana merancang dan membangun suatu aplikasi yang dapat mengoptimasi komposisi bahan pakan ikan air tawar menggunakan metode algoritma genetika multi obyektif.

3.5 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk membantu proses analisa suatu masalah. Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini yaitu teknik wawancara. Teknik wawancara merupakan suatu teknik pengumpulan data dengan cara berkomunikasi secara langsung dengan sumber data. Wawancara dilakukan terhadap Agus Sukamto yang merupakan staf bagian perikanan budidaya Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Riau.

3.6 Pengembangan Perangkat Lunak

Dalam tahapan ini, model sekuensial linier (*classic life cycle / waterfall model*) digunakan agar pengembangan perangkat lunak pada tugas akhir ini menjadi lebih terarah. Model sekuensial linier yang dilaksanakan hanya sampai pada tahapan pengujian, sedangkan tahapan pemeliharaan tidak dilaksanakan.

3.6.1 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

Analisis kebutuhan perangkat lunak merupakan langkah pemahaman persoalan sebelum mengambil tindakan perancangan sistem yang akan dibuat. Metode analisis data pada penelitian optimasi komposisi bahan pakan ikan air tawar ini menggunakan algoritma genetika multi obyektif. Beberapa tahapan proses yang perlu dilakukan yaitu :

- a. Pengkodean (*encoding*)
- b. Menghasilkan populasi awal (*generate initial population*)
- c. Simpan solusi optimal pareto (*record pareto optimal solutions*)
- d. Menghitung nilai obyektif (*calculate objective value*)
- e. Penilaian kecocokan (*fitness evaluation*)
- f. Seleksi (*selection*)
- g. Penyilangan (*crossover*)
- h. Mutasi (*mutation*)
- i. Strategi pilihan (*elite strategy/elitism*)
- j. Penggantian (*replacement*)
- k. Memperbarui solusi optimal pareto (*update pareto optimal solutions*)
- l. Aturan berhenti (*stopping rule*)

3.6.2 Perancangan Sistem

Identifikasi data masukan hingga menghasilkan data keluaran akan digambarkan melalui diagram konteks (*context diagram*), diagram arus data (*data flow diagram*), spesifikasi proses, dan diagram aliran sistem (*flow chart system*).

3.6.3 Implementasi

Hasil rancangan yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya diterjemahkan ke dalam suatu bahasa yang dimengerti oleh mesin dalam bentuk kode-kode program. Penulisan kode program dilakukan dengan menggunakan *Sun Microsystem Java 2 Standard Edition SDK*.

3.6.4 Pengujian

Pengujian adalah proses eksekusi suatu program dengan maksud menemukan kesalahan. Pengujian yang digunakan pada tahapan ini adalah pengujian kotak hitam (*black box testing*). Pengujian kotak hitam (*black box testing*) merupakan metode pengujian yang tidak memerlukan pengetahuan terhadap cara kerja internal dari materi yang diuji.

Pengujian perangkat lunak difokuskan pada pencarian semua kemungkinan kesalahan antarmuka (*interface*) dan kesalahan fungsi-fungsi aplikasi.

3.7 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan merupakan hasil akhir penelitian yang dirumuskan berdasarkan data yang terkumpul, dan sejalan dengan rumusan masalah maupun langkah-langkah penyelesaian masalah, sedangkan saran berisi pendapat yang diajukan peneliti untuk dipertimbangkan.

3.8 Dokumentasi

Tahap terakhir yaitu penyusunan laporan sebagai dokumentasi pelaksanaan tugas akhir. Laporan tugas akhir ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pembaca yang ingin mengembangkan sistem. Dokumentasi juga dimaksudkan agar hasil penelitian dapat diketahui orang lain sehingga kebenarannya dapat dievaluasi.

BAB IV

ANALISA DAN PERANCANGAN

Analisis perangkat lunak merupakan langkah pemahaman persoalan sebelum mengambil tindakan perancangan sistem, sedangkan tahap perancangan sistem adalah tahapan yang dilakukan setelah tahap analisis yang menggambarkan bagaimana suatu sistem akan terbentuk. Adapun kegunaan dari tahap perancangan sistem yaitu untuk memberikan gambaran yang jelas dan lengkap kepada pengguna (*user*), pemogram komputer dan ahli-ahli teknik lainnya.

4.1 Analisis Masalah

Metode coba-coba merupakan metode yang digunakan pada sistem lama, prinsipnya semua bahan baku yang disusun harus berjumlah 100%. Jika bahan baku yang dipilih untuk penyusunan formulasi sudah ditetapkan, maka langkah selanjutnya yaitu menggandakan nilai jumlah bahan baku dengan kandungan protein bahan baku. Pada metode ini pemilihan bahan dilakukan dengan mencoba-coba setiap bahan pakan yang ada. Langkah tersebut dilakukan sampai terbentuk kandungan protein pakan sesuai dengan kebutuhan.

Adapun langkah-langkah secara umum yang harus dilakukan dalam menyusun pakan ikan dengan metode coba-coba (*trial and error*) sebagai berikut :

1. Pilihlah bahan baku yang akan digunakan untuk menyusun pakan ikan dan susunlah berdasarkan kandungan protein pada setiap bahan baku tersebut. Misalnya dalam membuat pakan ikan dengan kandungan protein 36%, bahan baku yang akan digunakan yaitu tepung ikan (kadar protein 22,65%), tepung kedelai (kadar protein 39,6%), ampas tahu (23,55%), tepung bekicot (kadar protein 54,59%). Untuk memudahkan maka dibuat dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tahapan Pertama Metode Coba-coba (*Trial and Error*)

No	Jenis Bahan Baku	Kadar Protein Bahan Baku (%)	Jumlah Bahan Baku (%)	Kadar Protein Bahan Baku (%)
1	Tepung Ikan	22,65	?	?
2	Tepung Kedelai	39,6	?	?
3	Ampas Tahu	23,55	?	?
4	Tepung Bekicot	54,29	?	?
			100%	36%

- Masukkan jumlah bahan baku yang akan digunakan dalam formulasi pakan sampai semua bahan baku berjumlah 100%. Misalkan jumlah bahan baku untuk setiap jenis bahan adalah 25%.

Tabel 4.2 Tahapan Kedua Metode Coba-coba (*Trial and Error*)

No	Jenis Bahan Baku	Kadar Protein Bahan Baku (%)	Jumlah Bahan Baku (%)	Kadar Protein Bahan Baku (%)
1	Tepung Ikan	22,65	25	?
2	Tepung Kedelai	39,6	25	?
3	Ampas Tahu	23,55	25	?
4	Tepung Bekicot	54,29	25	?
			100%	36%

- Setelah jumlah bahan baku diletakkan pada kolom jumlah bahan baku maka langkah selanjutnya menghitung kadar protein pada setiap bahan baku dengan cara jumlah bahan baku yang akan digunakan dikalikan dengan kadar protein bahan baku. Misalnya untuk tepung ikan mempunyai kadar protein 22,55%, jika akan digunakan sebanyak 25% dari total bahan baku maka kontribusi kadar protein dari tepung ikan adalah $25\% \text{ dikali dengan } 22,55\% = 5,63\%$. Lakukan perhitungan untuk semua bahan baku sehingga diperoleh nilai seperti dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Tahapan Ketiga Metode Coba-coba (*Trial and Error*)

No	Jenis Bahan Baku	Kadar Protein Bahan Baku (%)	Jumlah Bahan Baku (%)	Kadar Protein Bahan Baku (%)
1	Tepung Ikan	22,65	25	5,63
2	Tepung Kedelai	39,6	25	9,9
3	Ampas Tahu	23,55	25	5,88
4	Tepung Bekicot	54,29	25	13,57
			100%	34,98

- Setelah dimasukkan ke dalam tabel tersebut lakukan penjumlahan dan pemeriksaan apakah jumlah kadar protein semua bahan baku tersebut 36%. Jumlah kadar protein semua bahan baku tersebut 34,98 ($5,63 + 9,9 + 5,88 + 13,57 = 34,98$), dari hasil coba-coba tersebut diperoleh kadar protein semua bahan baku adalah 34,98 %, sedangkan kadar protein pakan yang diinginkan 36% sehingga masih kekurangan kadar protein sebanyak 1,02%, maka komposisi bahan yang terbentuk harus ditambahkan bahan baku yang kadar proteinnya tinggi dan mengurangi bahan baku yang kadar proteinnya rendah. Langkah tersebut dilakukan secara berulang sampai terbentuk kadar protein senilai 36%.

Metode coba-coba (*trial and error*) memiliki beberapa kelemahan yaitu tidak menggunakan informasi tambahan dalam melakukan setiap penelusuran dan dilakukan secara manual tanpa bantuan komputer, banyaknya kemungkinan kombinasi bahan yang ada mengakibatkan metode ini memiliki peluang yang sangat kecil untuk menemukan solusi terbaik, meskipun solusi terbentuk proses eksplorasi ruang solusi membutuhkan waktu komputasi yang cukup lama.

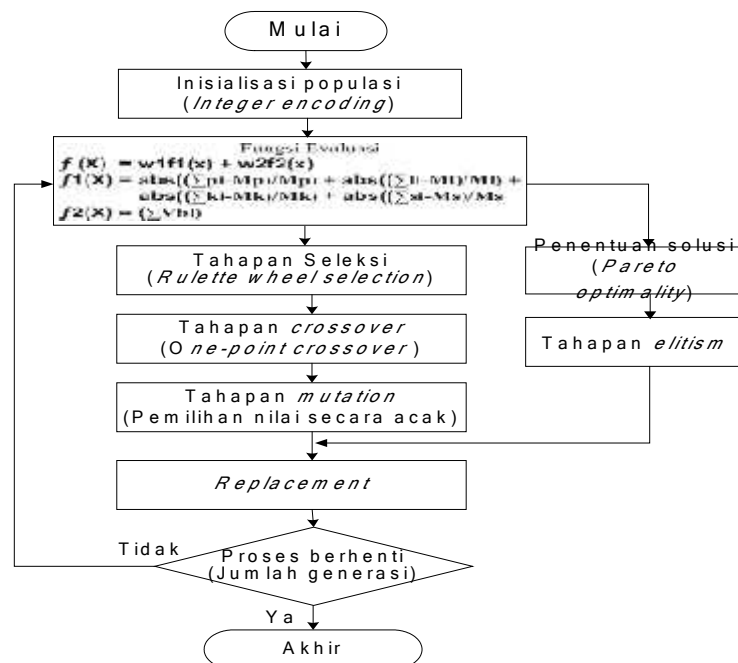
Di samping itu, analisis data yang dilakukan pada metode coba-coba (*trial and error*) hanya berdasarkan pada satu kriteria zat gizi yaitu protein, faktor-faktor potensial seperti biaya dan berbagai zat gizi lainnya tidak dapat dituangkan secara menyeluruh pada metode coba-coba (*trial and error*) sehingga komposisi yang terbentuk perlu diuji coba dalam waktu beberapa bulan untuk mengetahui hasilnya.

4.2 Solusi yang Diajukan

Untuk mengatasi masalah pada sistem lama akan dibuat aplikasi optimasi menggunakan metode Algoritma Genetika Multi Obyektif. Sistem yang dibangun merupakan pengembangan dari sistem lama yaitu semua bahan baku yang terbentuk harus berjumlah 100%, hanya saja pemilihan bahan-bahan pakan dalam penyusunan formulasi menggunakan konsep algoritma genetika multi obyektif dan dilakukan secara komputerisasi. Data bahan-bahan pakan dan persyaratan kebutuhan nutrisi ikan disimpan dalam basis data (*database*) dan menjadi rujukan data pada penghitungan optimasi komposisi bahan menggunakan konsep algoritma genetika. Aplikasi ini menyediakan fasilitas kepada pengguna untuk mengubah semua nilai parameter yang ada, baik parameter individu maupun parameter algoritma genetika. Adapun parameter individu yang dapat diubah seperti jenis ikan, usia, jenis kelamin, dan jumlah pakan.

4.3 Analisis Metode

Berikut alur kerja proses algoritma genetika multi obyektif :



Gambar 4.1 Flowchart Proses Moga

Penjelasan lebih lanjut dari Gambar 4.1 tersebut adalah sebagai berikut :

a. Inisialisasi Populasi

Langkah-langkah yang dilakukan adalah membangkitkan sejumlah kromosom, sebagai contoh pada Tabel 4.8 digunakan 25 kromosom. Setiap kromosom terdiri dari 5 gen, nilai gen menyatakan nomor urutan bahan pakan ikan yang diambil secara acak dalam interval [1 21] dari Tabel 4.4, sedangkan urutan pemilihan komposisi bahan dinyatakan sebagai indeks gen. Kromosom-kromosom selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.8. Alasan penggunaan pengkodean bilangan bulat (*integer encoding*) adalah pada kasus optimasi komposisi bahan pakan ikan air tawar ini, jumlah gen setiap kromosom yang mewakili komposisi bahan pakan dapat berubah, pengkodean bilangan bulat dapat membedakan jenis bahan pakan ikan yang terpilih meskipun panjang kromosom berubah.

b. Fungsi Evaluasi

Fungsi obyektif yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari dua fungsi yaitu $f_1(x)$ yang merupakan fungsi nilai gizi dan $f_2(x)$ adalah fungsi efisiensi biaya. Persamaan fungsi $f_1(x)$ sebagai berikut :

$$f_1(x) = \left| \frac{\sum_{i=1}^n p_i - Mp}{Mp} \right| + \left| \frac{\sum_{i=1}^n li - Ml}{Ml} \right| + \left| \frac{\sum_{i=1}^n k_i - Mk}{Mk} \right| + \left| \frac{\sum_{i=1}^n si - Ms}{Ms} \right| \quad (4.1)$$

Keterangan :

- n = Panjang kromosom
- Mp = Median kebutuhan protein optimal
- Ml = Median kebutuhan lemak optimal
- Mk = Median kebutuhan karbohidrat optimal
- Ms = Median kebutuhan serat optimal
- bi = Nilai pada posisi gen ke- i
- pi = Kandungan protein dari bahan pakan ke- bi
- li = Kandungan lemak dari bahan pakan ke- bi
- ki = Kandungan karbohidrat dari bahan pakan ke- bi
- si = Kandungan serat dari bahan pakan ke- bi

Model $f_1(x)$ dihasilkan dengan mempertimbangkan tujuan sistem. Tujuan yang ingin dicapai dari fungsi ini adalah meminimalkan perbedaan nilai gizi pada komposisi bahan yang terbentuk dengan kebutuhan nilai gizi optimalnya. Dengan demikian, solusi yang paling optimum adalah suatu model $f_1(x)$ yang menghasilkan nilai selisih sama dengan 0. Nilai paling optimum ini dapat diperoleh jika nilai zat-zat gizi yang terdiri dari nilai protein, lemak, serat, dan karbohidrat berada tepat pada rentang kebutuhan optimalnya sebagai titik acuan. Pelanggaran terjadi jika kandungan zat-zat gizi yang dihasilkan sistem berada di luar titik acuan.

Pelanggaran merupakan harga mutlak dari selisih nilai zat gizi hasil komposisi sistem dengan nilai median rentang optimalnya. Hal ini berdasarkan pada pertimbangan semakin besar selisih nilai zat gizi dari nilai optimalnya maka kualitas solusi yang dihasilkan akan semakin rendah. Pembagian dengan median titik optimal bertujuan untuk memberikan dampak nilai pelanggaran yang lebih besar terhadap zat gizi tertentu sesuai dengan persentase kebutuhan zat gizi dalam tubuh ikan.

Persamaan fungsi $f_2(x)$ sebagai berikut :

$$f_2(x) = \sum_{i=1}^n Vb_i \quad (4.2)$$

Keterangan :

n = Panjang kromosom

V = Biaya bahan baku ke- b_i

B_i = Nilai pada posisi gen ke- i

Tujuan yang ingin dicapai dari fungsi ini adalah meminimalkan biaya pada komposisi bahan yang terbentuk, tentu saja biaya yang paling optimum adalah biaya yang mendekati nilai 0. Tiap-tiap bahan memiliki nilai biaya, total biaya pada komposisi dihasilkan oleh aplikasi dengan cara menjumlahkan nilai biaya bahan-bahan pakan. Penjumlahan nilai bahan-bahan yang lebih murah akan menghasilkan nilai yang mendekati 0.

Langkah-langkah yang dilakukan untuk menghasilkan total nilai obyektif suatu kromosom sebagai berikut :

1. Melakukan penghitungan fungsi komposisi dengan cara menjumlahkan persentase protein, lemak, serat, dan karbohidrat berdasarkan nilai gen pada setiap kromosom. Nilai gizi setiap bahan diambil dari Tabel 4.7, hasil kromosom pertama :

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^5 p_i &= 9\% + 10.748\% + 5.108\% + 5.108\% + 2.27\% \\ &= 32.234\% \\ \sum_{i=1}^5 l_i &= 0.08\% + 1.33\% + 0.76\% + 0.76\% + 2.43\% \\ &= 5.36\% \\ \sum_{i=1}^5 k_i &= 0.862\% + 2.922\% + 0\% + 0\% + 5.72\% \\ &= 6.586\% \\ \sum_{i=1}^5 s_i &= 0\% + 2.922\% + 0.36\% + 0.36\% + 4.892\% \\ &= 8.534\%\end{aligned}$$

Hitung median kebutuhan nutrisi optimal (induk) dari Tabel 4.5.

$$M_p = (32\% + 38\%) / 2 = 35\%$$

$$M_l = (5\% + 20\%) / 2 = 12.5\%$$

$$M_k = (3\% + 13\%) / 2 = 8\%$$

$$M_s = (4\% + 8\%) / 2 = 6\%$$

$$32\% \leq \sum_{i=1}^5 p_i \leq 38\%, \text{ maka nilai } |(\sum_{i=1}^5 p_i - M_p) / M_p| = 0,$$

$$5\% \leq \sum_{i=1}^5 l_i \leq 20\%, \text{ maka nilai } |(\sum_{i=1}^5 l_i - M_l) / M_l| = 0,$$

$$3\% \leq \sum_{i=1}^5 k_i \leq 13\%, \text{ maka nilai } |(\sum_{i=1}^5 k_i - M_k) / M_k| = 0,$$

$$\text{Hasil Serat} = |(\sum_{i=1}^5 s_i - M_s) / M_s| = |(8.534\% - 6\%) / 6\%| = 0.422$$

$$f_1(1) = 0 + 0 + 0 + 0.4223 = 0.4223.$$

2. Melakukan penghitungan fungsi harga berdasarkan nilai gen pada setiap kromosom, data harga tiap nilai gen diambil dari Tabel 4.7. Fungsi harga kromosom pertama :

$$f_2(1) = 4000 + 8000 + 8000 + 8000 + 4000 = 32000$$

3. Melakukan penghitungan total nilai obyektif setiap kromosom berdasarkan persamaan 2.3, $w_1 = (0.5 / (0.5 + 0.3)) = 0.625$, $w_2 = (0.3 / (0.5 + 0.3)) = 0.375$. Total nilai obyektif kromosom pertama adalah sebagai berikut :

$$f(1) = 0.625 (0.4223) + 0.375 (32000) = 12000.26$$

c. Penentuan Solusi

Langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut :

1. Kromosom-kromosom pada Tabel 4.9 diurut berdasarkan fungsi komposisi dari nilai minimum ke maksimum.

Posisi 1 = $f_1(x)$ kromosom 1 (0.4223)

Posisi 2 = $f_1(x)$ kromosom 2 (0.5189)

Posisi 3 = $f_1(x)$ kromosom 17 (0.7735)

Dan seterusnya, hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.10.

2. Melakukan pencarian kromosom yang mendominasi kromosom lainnya pada Tabel 4.9 berdasarkan definisi pareto optimum (*pareto optimality*).

$f_1(1) \leq f_1(2)$, $f_2(1) < f_2(2) = 0.4223 \leq 0.5189$, $32000 < 37000$, artinya kromosom 1 mendominasi kromosom 2.

$f_1(1) \leq f_1(17)$, $f_2(1) > f_2(17) = 0.4223 \leq 0.7735$, $32000 < 45300$, artinya kromosom 1 mendominasi kromosom 17.

Dan seterusnya hingga antara $f_1(11)$ (posisi 24) dengan $f_1(24)$ (posisi 25). Hasil solusi selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.11.

d. Hitung Nilai Kecocokan (*Fitness*)

Langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut :

1. Total nilai obyektif masing-masing kromosom ($f(x)$) pada Tabel 4.9 dikonversi berdasarkan persamaan 2.4.

$$2. F_1 = 1/f(1) = 1/12000.26 = 8.3332E-05$$

$$F_2 = 1/f(2) = 1/13875.32 = 7.207E-05$$

$$F_3 = 1/f(3) = 1/17027.14 = 5.873E-05$$

Dan seterusnya, nilai kecocokan (*fitness*) masing-masing kromosom dapat dilihat pada Tabel 4.12.

e. Tahapan Seleksi (*Selection*)

Langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut :

1. Menghitung total *fitness* (F_{total}) berdasarkan persamaan 2.5.
Rincian nilai *fitness* (F_k) tiap kromosom terlihat pada Tabel 4.12.

$$\begin{aligned} 2. \quad F_{total} &= 8.3332E-05 + 7.207E-05 + \dots + 5.3009E-05 \\ &= 0.00182715 \end{aligned}$$

3. Menghitung *fitness* relatif (P_k) tiap-tiap kromosom yang ada pada Tabel 4.13 berdasarkan persamaan 2.6.

$$4. \quad P_1 = F_1/F_{total} = 8.3332E-05/0.00182715 = 0.0456$$

$$P_2 = F_2/F_{total} = 7.207E-05/0.00182715 = 0.0394$$

$$P_3 = F_3/F_{total} = 5.873E-05/0.00182715 = 0.0321$$

Dan seterusnya, hasil selengkapnya terlihat pada Tabel 4.13.

5. Menghitung probabilitas kumulatif (q_k) setiap kromosom yang terdapat pada Tabel 4.13 berdasarkan persamaan 2.7.

$$q_1 = P_1 = 0.0456$$

$$q_2 = q_1 + P_2 = 0.0456 + 0.0394 = 0.0851$$

$$q_3 = q_2 + P_3 = 0.0851 + 0.0321 = 0.1172$$

Dan seterusnya, hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.15.

4. Bangkitkan bilangan acak (r) pada interval $[0,1]$ sebanyak ukuran populasi (25 kromosom). Kemudian gunakan persamaan 2.8.

$$r_1 = 0.113, 0.0851 (q_2) \leq r_1 \leq 0.1172 (q_3), \text{ kromosom ke-3} \\ \text{terpilih menggantikan kromosom baru yang pertama.}$$

$$r_2 = 0.609, 0.6057 (q_{16}) \leq r_2 \leq 0.6379 (q_{17}), \text{ kromosom ke-17} \\ \text{terpilih menggantikan kromosom baru yang kedua.}$$

Dan seterusnya, kromosom baru hasil seleksi selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.16.

f. Tahapan Penyilangan (*Crossover*)

Langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut :

1. Bangkitkan bilangan acak antara [0 1] sebanyak ukuran populasi (25 kromosom), kemudian gunakan persamaan 2.10.

$r_1 = 0.22, 0.22 (r_1) < 0.78$ (Pc), kromosom ke-1 berhak untuk mengalami *crossover*.

$r_2 = 0.54$, $0.54 (r_2) < 0.78$ (Pc), kromosom ke-2 berhak untuk mengalami penyilangan (*crossover*).

Dan seterusnya, bilangan acak dan kromosom yang terpilih untuk proses penyilangan (*crossover*) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.18 dan Tabel 4.19.

2. Kromosom terpilih yang terdapat pada Tabel 4.19 disilangkan secara berurutan, misalnya antara kromosom 1 dengan kromosom 2. Titik penyilangan merupakan bilangan acak antara 1 sampai 4 (panjang gen-1).

Kromosom 1 =

7	8	9	8	3
---	---	---	---	---

Kromosom 2 =

13	21	1	2	3
----	----	---	---	---

Kromosom anak sebagai hasil *crossover*, titik penyilangan = 1

Kromosom 1 =	7	21	1	2	3
--------------	---	----	---	---	---

Kromosom 2 =	13	8	9	8	3
--------------	----	---	---	---	---

Dan seterusnya, kromosom yang akan mengalami penyilangan (*crossover*) dan hasil penyilangan (*crossover*) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.19 dan 4.20.

Metode *one-point crossover* dipilih karena proses *one-point* merupakan proses yang paling sederhana sehingga penerapannya lebih mudah.

g. Tahapan Mutasi (*Mutation*)

Langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut :

1. Hitung jumlah gen pada populasi menggunakan persamaan 2.11.

Jumlah gen = panjang gen x Ukuran Populasi = 5 x 25 = 125.

2. Bangkitkan bilangan acak (r) antara $[0 \ 1]$ sebanyak jumlah gen, kemudian gunakan persamaan 2.13.

$r_1 = 0.14$, $0.14 (r_1) > 0.01$ (Pm), kromosom ke-1, bit pertama tidak berhak mengalami mutasi.

$r_2 = 0.56$, $0.56 (r_2) > 0.01$ (Pm), kromosom ke-1, bit kedua tidak berhak mengalami mutasi.

Dan seterusnya, kromosom hasil mutasi selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Mutasi pengacakan dapat menjamin pencarian jenis bahan pakan ikan sebagai nilai gen dilakukan secara bebas terhadap semua jenis bahan pakan yang ada pada Tabel 4.4, sehingga kesempatan munculnya nilai gen baru pada populasi akan lebih besar.

h. Tahapan Pilihan (*Elite Strategy / Elitism*)

Langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut :

1. Menentukan jumlah solusi yang akan di-*elitism* dari *pareto set*.
Jumlah *elitism* = $P_e \times$ jumlah kromosom *pareto* = $0.5 \times 2 = 1$
2. Memilih kromosom pada *pareto set* pada Tabel 4.25 sebanyak kromosom yang akan di-*elitism* (1 kromosom) secara acak.

Kromosom pengganti :

Kromosom 1 =

12	2	4	4	6	
----	---	---	---	---	--

Alasan penggunaan strategi pilihan (*elite strategy*) pada penelitian ini yaitu untuk menjaga kromosom terbaik (komposisi bahan pakan terbaik) pada tiap generasi sehingga kromosom tersebut dapat lolos seleksi.

i. Tahapan Penggantian (*Replacement*)

Langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut :

1. Memilih kromosom sebanyak jumlah *elitism* (1 kromosom) dari Tabel 4.24 secara acak.

Kromosom-kromosom yang akan diganti :

Kromosom 11 =

3	14	15	16	17	
---	----	----	----	----	--

2. Pergantian nilai gen kromosom 11 dengan nilai gen kromosom 1 (kromosom pareto terpilih).

Kromosom baru setelah mengalami pergantian nilai gen :

Kromosom 11 =

12	2	4	4	6	
----	---	---	---	---	--

Kromosom hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.26.

j. **Proses Berhenti**

Kondisi berhenti berdasarkan pada jumlah generasi (1 generasi), bertujuan untuk memberikan kemudahan dalam mengatur lamanya proses pencarian komposisi bahan pakan ikan air tawar.

4.4 Analisis Kebutuhan Sistem

4.4.1 Kebutuhan Data Masukan

Kebutuhan data masukan pada sistem adalah sebagai berikut :

1. Data persyaratan nutrisi ikan, berisi tentang data nama ikan dan kebutuhan nutrisi optimalnya yang terdiri dari kebutuhan protein, lemak, karbohidrat, dan serat pada tiap fase pertumbuhan.
2. Data bahan pakan ikan, berisi tentang data nama bahan, harga, nilai protein, lemak, karbohidrat, dan serat yang terkandung di dalam bahan-bahan pakan ikan.
3. Data aturan, merupakan data kriteria kuantitatif untuk menentukan fase pertumbuhan ikan, terdiri dari fase benih, dewasa dan induk.
4. Jumlah pakan, merupakan total bobot yang akan dihasilkan dari komposisi pakan.
5. Data algoritma genetika, terdiri dari :
 - a. Jumlah generasi
 - b. Ukuran populasi (*popsiz*e)
 - c. Jumlah gen
 - d. Probabilitas *crossover* (*Pc*)
 - e. Probabilias mutasi (*Pm*)
 - f. Probabilias *elitism* (*Pe*)

6. Usia ikan, merupakan usia ikan yang akan ditentukan fase pertumbuhannya sesuai dengan data aturan.

4.4.2 Kebutuhan Fungsi

Sistem yang dihasilkan memiliki fungsi-fungsi sebagai berikut :

1. Pengolahan data bahan, yaitu pengolahan data bahan-bahan pakan ikan yang terdiri dari :
 - a. Menampilkan data bahan pakan ikan
 - b. Menambah data bahan pakan ikan
 - c. Merubah data bahan pakan ikan
 - d. Menghapus data bahan pakan ikan
2. Pengolahan data ikan, yaitu pengolahan data persyaratan nutrisi ikan dan aturan/ketentuan tingkatan yang terdiri dari :
 - a. Menampilkan data persyaratan nutrisi ikan dan aturan
 - b. Menambah data persyaratan nutrisi ikan dan aturan
 - c. Merubah data persyaratan nutrisi ikan dan aturan
 - d. Menghapus data persyaratan nutrisi ikan dan aturan
3. Proses multi *objective*, yaitu proses analisis data pada sistem menggunakan metode MOGA yang terdiri dari :
 - a. Menjalankan Penghitungan MOGA
 1. Hitung Persentase Bahan
Melakukan perubahan nilai data bahan pakan ikan yang telah disimpan menjadi nilai persentase sesuai dengan jumlah komposisi bahan.
 2. Inisialisasi Populasi
 3. Hitung Nilai Obyektif
 4. Penentuan Solusi Optimal Pareto
 5. Hitung Nilai *Fitness*
 6. Tahapan Seleksi (*Selection*)
 7. Tahapan Penyilangan (*Crossover*)
 8. Tahapan Mutasi (*Mutation*)

9. Tahapan Pilihan (*Elite Strategy / Elitism*)

10. Tahapan Penggantian (*Replacement*)

4.4.3 Kebutuhan Keluaran (*Output*)

Hasil keluaran (*output*) berupa komposisi bahan pakan ikan yang terdiri dari komposisi pakan, bobot tiap komposisi, total bobot pakan, total biaya, kandungan protein, lemak, karbohidrat, dan serat pada komposisi pakan yang dihasilkan, serta waktu proses penghitungan.

4.4.4 Kebutuhan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang dibutuhkan dalam pembuatan aplikasi ini adalah sebagai berikut :

1. Perancangan (*desain*) menggunakan *Microsoft Office Visio 2003*.
2. Penulisan kode program menggunakan *Sun Microsystem Java 2 Standard Edition SDK*.
3. Basis data (*database*) menggunakan *MySQL 5.0*.

4.5 Contoh Penghitungan Optimasi Komposisi Bahan Pakan Ikan Menggunakan Algoritma Genetika Multi Obyektif

Contoh sederhana algoritma genetika multi obyektif untuk mencari komposisi bahan pakan ikan sebagai berikut :

1. Penentuan Parameter Masukan (*Input*)

Data bahan pakan ikan yang digunakan yaitu :

Tabel 4.4 Data Bahan-bahan Pakan Ikan

No	Bahan Baku	Protein (%)	Lemak (%)	Serat (%)	Karbohidrat (%)	Harga/Kg (Rp)
1	Tepung Ikan	22.65	15.38	1. 80	12.79	6500
2	Tp. Kpl. Udang	53.74	6.65	14.61	0.00	4000
3	Menir	7.50	2.00	1.00	0.80	3500
4	Tepung Tulang	25.54	3.80	1.80	0.00	4000
5	Tepung Bekicot	54.29	4.18	1.05	30.45	1000
6	Dedak Padi	11.35	12.15	24.46	28,62	2000

Tabel 4.4 Data Bahan-bahan Pakan Ikan (Lanjutan)

No	Bahan Baku	Protein (%)	Lemak (%)	Serat (%)	Karbohidrat (%)	Harga/Kg (Rp)
7	Tepung Terigu	8.9	1.30	11.00	77.30	7700
8	Tepung Kedelai	39.6	14.3	2.80	29.5	5000
9	Ampas Tahu	23.55	5.54	17.03	26.92	1500
10	Tp. B. K.Tanah	47.90	10.90	3.60	25.00	3500
11	Bungkil Kelapa	17.09	9.44	30.4	23.77	1500
12	Ragi Bir Kering	45.00	0.40	0.00	4.31	2000
13	Tepung Bulu	85.00	2.50	0.00	5.36	4250
14	Tepung Daging	66.80	12.00	0.00	4.89	5900
15	Tepung Beras	15.58	1.20	10.73	34.73	4000
16	Sorgum	13.00	2.05	13.05	47.85	5000
17	Tepung Jagung	9.50	1.95	5.37	71.72	2500
18	Tepung Gaplek	2.45	1.43	4.60	76.12	3600
19	Tepung Darah	71.45	0.42	7.95	13.12	40000
20	Tepung Maggot	30.00	28.00	0.00	8.50	3500
21	Ampas Kecap	11.53	3.45	1.480	0.00	2000

Data persyaratan nutrisi ikan sebagai berikut :

Tabel 4.5 Data Persyaratan Nutrisi Ikan Lele

No	Jenis Uji	Satuan (as feed)	Persyaratan		
			Benih	Pembesaran	Induk
1	Protein	%	35 - 48	34 - 37	32 - 38
2	Lemak	%	5 - 20	5 - 20	5 - 20
3	Karbohidrat	%	3 - 13	3 - 13	3 - 13
4	Serat	%	4 - 6	4 - 8	4 - 8

Data aturan pada induk ikan lele (SNI : 01- 6484.1 – 2000), yaitu :

Tabel 4.6 Kriteria Kuantitatif Indukan Lele (SNI : 01- 6484.1 – 2000)

No	Kriteria	Satuan	Jenis kelamin	
			Jantan	Betina
1	Usia Ikan	Bulan	≥ 8	≥ 12

Parameter yang digunakan pada contoh misalnya :

- a. Jenis ikan = lele
- b. Usia ikan = 10 Bulan
- c. Jenis kelamin = Jantan
- d. Jumlah pakan = 10 Kilogram
- e. Jumlah generasi = 1
- f. Ukuran populasi = 25
- g. Panjang kromosom = 5
- h. Probabilitas penyilangan (P_c) = 0,78
- i. Probabilitas mutasi (P_m) = 0,01
- j. Probabilitas pilihan (P_e) = 0,5

2. Hitung Persentase Bahan-bahan Penyusun

Hasil penghitungan persentase bahan sebagai berikut :

Tabel 4.7 Hasil Penghitungan Persentase Bahan-bahan Penyusun

No	Bahan Baku	Protein (%)	Lemak (%)	Serat (%)	Karbohidrat (%)	Harga (Rp)
1	Tepung Ikan	4.53	3.076	0.36	2.558	13000
2	Tp. Kpl. Udang	10.748	1.33	2.922	0	8000
3	Menir	1.5	0.4	0.2	0.16	7000
4	Tepung Tulang	5.108	0.76	0.36	0	8000
5	Tepung Bekicot	10.858	0.836	0.21	6.09	2000
6	Dedak	2.27	2.43	4.892	5.724	4000
7	Tepung Terigu	1.78	0.26	2.2	15.46	15400
8	Tepung Kedelai	7.92	2.86	0.56	5.9	10000
9	Ampas Tahu	4.71	1.108	3.406	5.384	3000
10	Tp. B. K.Tanah	9.58	2.18	0.72	5	7000
11	Bungkil Kelapa	3.418	1.888	6.08	4.754	3000
12	Ragi Bir Kering	9	0.08	0	0.862	4000
13	Tepung Bulu	17	0.5	0	1.072	8500
14	Tepung Daging	13.36	2.4	0	0.978	11800
15	Tepung Beras	3.116	0.24	2.146	6.946	8000
16	Sorgum	2.6	0.41	2.61	9.57	10000
17	Tepung Jagung	1.9	0.39	1.074	14.344	5000

Tabel 4.7 Hasil Penghitungan Persentase Bahan-bahan Penyusun
(Lanjutan)

No	Bahan Baku	Protein (%)	Lemak (%)	Serat (%)	Karbohidrat (%)	Harga (Rp)
18	Tepung Gaplek	0.49	0.286	0.92	15.224	7200
19	Tepung Darah	14.29	0.084	1.59	2.624	80000
20	Tepung Maggot	6	5.6	0	1.7	7000
21	Ampas Kecap	2.306	0.69	0.296	0	4000

3. Inisialisasi Populasi

Gen-gen pada populasi awal dipilih secara acak, misalkan diperoleh hasil :

Tabel 4.8 Inisialisasi Populasi (Generasi 1)

Kromosom	Gen (<i>integer</i>)				
	1	2	3	4	5
1	12	2	4	4	6
2	1	3	2	3	5
3	7	8	9	8	3
4	6	7	13	7	4
5	21	13	15	17	14
6	21	20	16	19	9
7	11	16	3	3	2
8	2	8	9	10	7
9	17	18	5	5	1
10	7	8	9	11	12
11	8	7	6	5	11
12	5	11	12	21	21
13	13	14	15	16	17
14	18	19	20	21	21
15	1	1	1	1	1
16	2	1	4	5	6
17	13	21	1	2	14
18	5	6	6	5	2
19	8	8	7	10	7
20	14	15	16	17	6
21	3	9	9	9	9
22	19	12	19	15	15
23	10	10	10	2	4
24	6	6	6	6	6
25	16	16	14	13	16

4. Hitung Nilai Obyektif

Hasil nilai-nilai obyektif setiap kromosom pada generasi pertama :

Tabel 4.9 Hasil Nilai-nilai Obyektif (Generasi 1)

Kromosom	Gen (<i>integer</i>)					$f1(x)$	$f2(x)$	$f(x)$
	1	2	3	4	5			
1	12	2	4	4	6	0.4223	32000	12000.26
2	1	3	2	3	5	0.5189	37000	13875.32
3	7	8	9	8	3	3.4196	45400	17027.14
4	6	7	13	7	4	5.1881	51300	19240.74
5	21	13	15	17	14	2.9939	37300	13989.37
6	21	20	16	19	9	1.5553	104000	39000.97
7	11	16	3	3	2	2.9135	35000	13126.82
8	2	8	9	10	7	3.6027	43400	16277.25
9	17	18	5	5	1	5.2577	29200	10953.29
10	7	8	9	11	12	4.3195	35400	13277.7
11	8	7	6	5	11	5.3148	34400	12903.32
12	5	11	12	21	21	0.8685	17000	6375.543
13	13	14	15	16	17	3.7986	43300	16239.87
14	18	19	20	21	21	2.201	102200	38326.38
15	1	1	1	1	1	1.0529	65000	24375.66
16	2	1	4	5	6	1.2538	35000	13125.78
17	13	21	1	2	14	0.7735	45300	16987.98
18	5	6	6	5	2	3.1412	20000	7501.963
19	8	8	7	10	7	5.137	57800	21678.21
20	14	15	16	17	6	4.8181	38800	14553.01
21	3	9	9	9	9	4.0483	19000	7127.53
22	19	12	19	15	15	2.6938	180000	67501.68
23	10	10	10	2	4	1.1492	37000	13875.72
24	6	6	6	6	6	6.3299	20000	7503.956
25	16	16	14	13	16	3.6049	50300	18864.75

5. Penentuan Solusi

Hasil pengurutan kromosom berdasarkan $f1(x)$ pada generasi pertama :

Tabel 4.10 Hasil Pengurutan Kromosom

Posisi	Kromosom	Gen (<i>integer</i>)					$f1(x)$	$f2(x)$
		1	2	3	4	5		
1	1	12	2	4	4	6	0.4223	32000
2	2	1	3	2	3	5	0.5189	37000
3	17	13	21	1	2	14	0.7735	45300
4	12	5	11	12	21	21	0.8685	17000
5	15	1	1	1	1	1	1.0529	65000

Tabel 4.10 Hasil Pengurutan Kromosom (Lanjutan)

Posisi	Kromosom	Gen (<i>integer</i>)					$f1(x)$	$f2(x)$
		1	2	3	4	5		
6	23	10	10	10	2	4	1.1492	37000
7	16	2	1	4	5	6	1.2538	35000
8	6	21	20	16	19	9	1.5553	104000
9	14	18	19	20	21	21	2.201	102200
10	22	19	12	19	15	15	2.6938	180000
11	7	11	16	3	3	2	2.9135	35000
12	5	21	13	15	17	14	2.9939	37300
13	18	5	6	6	5	2	3.1412	20000
14	3	7	8	9	8	3	3.4196	45400
15	8	2	8	9	10	7	3.6027	43400
16	25	16	16	14	13	16	3.6049	50300
17	13	13	14	15	16	17	3.7986	43300
18	21	3	9	9	9	9	4.0483	19000
19	10	7	8	9	11	12	4.3195	35400
20	20	14	15	16	17	6	4.8181	38800
21	19	8	8	7	10	7	5.137	57800
22	4	6	7	13	7	4	5.1881	51300
23	9	17	18	5	5	1	5.2577	29200
24	11	8	7	6	5	11	5.3148	34400
25	24	6	6	6	6	6	6.3299	20000

Solusi optimal yang dihasilkan dari Tabel 4.10 menggunakan definisi *pareto optimality* sebagai berikut :

Tabel 4.11 Hasil Solusi Optimal Pareto (Generasi 1)

Kromosom	Gen (<i>integer</i>)					$f1(x)$	$f2(x)$	$f(x)$
	1	2	3	4	5			
1	12	2	4	4	6	0.4223	32000	12000.26
12	5	11	12	21	21	0.8685	17000	6375.543

6. Hitung Nilai Kecocokan (*Fitness*)

Nilai *fitness* (F_k) diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.4 :

Tabel 4.12 Hasil Nilai *Fitness* (Generasi 1)

Kromosom	Gen (<i>integer</i>)					$f(x)$	Nilai <i>fitness</i> (F_k)
	1	2	3	4	5		
1	12	2	4	4	6	12000.26	8.3332E-05
2	1	3	2	3	5	13875.32	7.207E-05
3	7	8	9	8	3	17027.14	5.873E-05
4	6	7	7	7	4	19240.74	5.1973E-05
5	21	13	15	17	14	13989.37	7.1483E-05

Tabel 4.12 Hasil Nilai *Fitness* (Generasi 1) (Lanjutan)

Kromosom	Gen (<i>integer</i>)					$f(x)$	Nilai <i>fitness</i> (F_k)
	1	2	3	4	5		
6	21	20	16	19	9	39000.97	2.564E-05
7	11	16	3	3	2	13126.82	7.618E-05
8	2	8	9	10	7	16277.25	6.1435E-05
9	17	18	5	5	1	10953.29	9.1297E-05
10	7	8	9	11	12	13277.7	7.5314E-05
11	8	7	6	5	11	12903.32	7.7499E-05
12	5	11	12	21	21	6375.543	0.00015685
13	13	14	15	16	17	16239.87	6.1577E-05
14	18	19	20	21	21	38326.38	2.6092E-05
15	1	1	1	1	1	24375.66	4.1025E-05
16	2	1	4	5	6	13125.78	7.6186E-05
17	13	21	1	2	3	16987.98	5.8865E-05
18	5	6	6	5	2	7501.963	0.0001333
19	8	8	7	10	7	21678.21	4.6129E-05
20	14	15	16	17	6	14553.01	6.8714E-05
21	3	9	9	9	9	7127.53	0.0001403
22	19	12	19	15	15	67501.68	1.4814E-05
23	10	10	10	2	4	13875.72	7.2068E-05
24	6	6	6	6	6	7503.956	0.00013326
25	16	16	14	13	16	18864.75	5.3009E-05

7. Tahapan Seleksi (*Selection*)

Pada seleksi ada 4 tahapan yang harus dilakukan oleh aplikasi, yaitu :

- Hitung total *fitness* (F_{total}) menggunakan persamaan 2.5. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Total *Fitness* (F_{total}) Generasi 1

Kromosom	Gen (<i>integer</i>)					Nilai <i>fitness</i> (F_k)
	1	2	3	4	5	
1	12	2	4	4	6	8.3332E-05
2	1	3	2	3	5	7.207E-05
3	7	8	9	8	3	5.873E-05
4	6	7	7	7	4	5.1973E-05
5	21	13	15	17	14	7.1483E-05
6	21	20	16	19	9	2.564E-05
7	11	16	3	3	2	7.618E-05
8	2	8	9	10	7	6.1435E-05
9	17	18	5	5	1	9.1297E-05
10	7	8	9	11	12	7.5314E-05

Tabel 4.13 Total *Fitness* (F_{total}) Generasi 1 (Lanjutan)

Kromosom	Gen (<i>integer</i>)					Nilai <i>fitness</i> (F_k)
	1	2	3	4	5	
11	8	7	6	5	11	7.7499E-05
12	5	11	12	21	21	0.00015685
13	13	14	15	16	17	6.1577E-05
14	18	19	20	21	21	2.6092E-05
15	1	1	1	1	1	4.1025E-05
16	2	1	4	5	6	7.6186E-05
17	13	21	1	2	3	5.8865E-05
18	5	6	6	5	2	0.0001333
19	8	8	7	10	7	4.6129E-05
20	14	15	16	17	6	6.8714E-05
21	3	9	9	9	9	0.0001403
22	19	12	19	15	15	1.4814E-05
23	10	10	10	2	4	7.2068E-05
24	6	6	6	6	6	0.00013326
25	16	16	14	13	16	5.3009E-05
Total <i>fitness</i> (F_{total})						0.00182715

- b. Hitung probabilitas seleksi menggunakan persamaan 2.6. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.14 Probabilitas Seleksi (P_k) Generasi 1

Kromosom	Gen (<i>integer</i>)					Nilai <i>fitness</i> (F_k)	P_k
	1	2	3	4	5		
1	12	2	4	4	6	8.3332E-05	0.0456
2	1	3	2	3	5	7.207E-05	0.0394
3	7	8	9	8	3	5.873E-05	0.0321
4	6	7	7	7	4	5.1973E-05	0.0284
5	21	13	15	17	14	7.1483E-05	0.0391
6	21	20	16	19	9	2.564E-05	0.014
7	11	16	3	3	2	7.618E-05	0.0417
8	2	8	9	10	7	6.1435E-05	0.0336
9	17	18	5	5	1	9.1297E-05	0.05
10	7	8	9	11	12	7.5314E-05	0.0412
11	8	7	6	5	11	7.7499E-05	0.0424
12	5	11	12	21	21	0.00015685	0.0858
13	13	14	15	16	17	6.1577E-05	0.0337
14	18	19	20	21	21	2.6092E-05	0.0143
15	1	1	1	1	1	4.1025E-05	0.0225
16	2	1	4	5	6	7.6186E-05	0.0417

Tabel 4.14 Probabilitas Seleksi (P_k) Generasi 1 (Lanjutan)

Kromosom	Gen (<i>integer</i>)					Nilai <i>fitness</i> (F_k)	P_k
	1	2	3	4	5		
17	13	21	1	2	3	5.8865E-05	0.0322
18	5	6	6	5	2	0.0001333	0.073
19	8	8	7	10	7	4.6129E-05	0.0252
20	14	15	16	17	6	6.8714E-05	0.0376
21	3	9	9	9	9	0.0001403	0.0768
22	19	12	19	15	15	1.4814E-05	0.0081
23	10	10	10	2	4	7.2068E-05	0.0394
24	6	6	6	6	6	0.00013326	0.0729
25	16	16	14	13	16	5.3009E-05	0.029

c. Hitung Probabilitas Kumulatif (q_k)

Hitung probabilitas kumulatif menggunakan persamaan 2.7. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Probabilitas Kumulatif (q_k) Generasi 1

Kromosom	Gen (<i>integer</i>)					P_k	q_k
	1	2	3	4	5		
1	12	2	4	4	6	0.0456	0.0456
2	1	3	2	3	5	0.0394	0.0851
3	7	8	9	8	3	0.0321	0.1172
4	6	7	7	7	4	0.0284	0.1456
5	21	13	15	17	14	0.0391	0.1848
6	21	20	16	19	9	0.014	0.1988
7	11	16	3	3	2	0.0417	0.2405
8	2	8	9	10	7	0.0336	0.2741
9	17	18	5	5	1	0.05	0.3241
10	7	8	9	11	12	0.0412	0.3653
11	8	7	6	5	11	0.0424	0.4077
12	5	11	12	21	21	0.0858	0.4936
13	13	14	15	16	17	0.0337	0.5273
14	18	19	20	21	21	0.0143	0.5415
15	1	1	1	1	1	0.0225	0.564
16	2	1	4	5	6	0.0417	0.6057
17	13	21	1	2	3	0.0322	0.6379
18	5	6	6	5	2	0.073	0.7109
19	8	8	7	10	7	0.0252	0.7361
20	14	15	16	17	6	0.0376	0.7737
21	3	9	9	9	9	0.0768	0.8505

Tabel 4.15 Probabilitas Komulatif (q_k) Generasi 1 (Lanjutan)

Kromosom	Gen (<i>integer</i>)					P_k	q_k
	1	2	3	4	5		
22	19	12	19	15	15	0.0081	0.8586
23	10	10	10	2	4	0.0394	0.8981
24	6	6	6	6	6	0.0729	0.971
25	16	16	14	13	16	0.029	1

- d. Bilangan acak (r) dan kromosom baru hasil seleksi dapat dilihat pada Tabel 4.16 dan Tabel 4.17.

Tabel 4.16 Seleksi

Kromosom	Gen (<i>integer</i>)					q_k	r	Asal
	1	2	3	4	5			
1	12	2	4	4	6	0.0456	0.113	3
2	1	3	2	3	5	0.0851	0.609	17
3	7	8	9	8	3	0.1172	0.406	11
4	6	7	7	7	4	0.1456	0.859	23
5	21	13	15	17	14	0.1848	0.867	23
6	21	20	16	19	9	0.1988	0.375	11
7	11	16	3	3	2	0.2405	0.948	24
8	2	8	9	10	7	0.2741	0.428	12
9	17	18	5	5	1	0.3241	0.449	12
10	7	8	9	11	12	0.3653	0.161	5
11	8	7	6	5	11	0.4077	0.819	21
12	5	11	12	21	21	0.4936	0.569	16
13	13	14	15	16	17	0.5273	0.495	13
14	18	19	20	21	21	0.5415	0.131	4
15	1	1	1	1	1	0.564	0.728	19
16	2	1	4	5	6	0.6057	0.372	11
17	13	21	1	2	3	0.6379	0.393	11
18	5	6	6	5	2	0.7109	0.738	20
19	8	8	7	10	7	0.7361	0.716	19
20	14	15	16	17	6	0.7737	0.8	21
21	3	9	9	9	9	0.8505	0.936	24
22	19	12	19	15	15	0.8586	0.599	16
23	10	10	10	2	4	0.8981	0.540	15
24	6	6	6	6	6	0.971	0.176	5
25	16	16	14	13	16	1	0.248	8

Berikut kromosom baru yang terbentuk dari tahapan seleksi :

Tabel 4.17 Kromosom Baru Hasil Seleksi (Generasi 1)

Kromosom	Gen Hasil (<i>integer</i>)					Asal
	1	2	3	4	5	
1	7	8	9	8	3	3
2	13	21	1	2	3	17
3	8	7	6	5	11	11
4	10	10	10	2	4	23
5	10	10	10	2	4	23
6	8	7	6	5	11	11
7	6	6	6	6	6	24
8	5	11	12	21	21	12
9	5	11	12	21	21	12
10	21	13	15	17	14	5
11	3	9	9	9	9	21
12	2	1	4	5	6	16
13	13	14	15	16	17	13
14	6	7	7	7	4	4
15	8	8	7	10	7	19
16	8	7	6	5	11	11
17	8	7	6	5	11	11
18	14	15	16	17	6	20
19	8	8	7	10	7	19
20	3	9	9	9	9	21
21	6	6	6	6	6	24
22	2	1	4	5	6	16
23	1	1	1	1	1	15
24	21	13	15	17	14	5
25	2	8	9	10	7	8

8. Tahapan Penylangan (*Crossover*)

Kromosom hasil seleksi harus dilakukan proses penylangan (*crossover*) sesuai dengan probabilitas penylangan (P_c) yang digunakan.

Tabel 4.18 Bilangan Acak pada *Crossover* (Generasi 1)

No	r	No	r
1	0,22	14	0,32
2	0,54	15	0,42
3	0,63	16	0,65

Tabel 4.18 Bilangan Acak pada *Crossover* (Generasi 1) (Lanjutan)

No	r	No	r
4	0,75	17	0,49
5	0,85	18	0,11
6	0,12	19	0,75
7	0,09	20	0,87
8	0,66	21	0,61
9	0,45	22	0,76
10	0,84	23	0,83
11	0,16	24	0,48
12	0,86	25	0,71
13	0,43		

Bandingkan bilangan acak dengan P_c , jika bilangan acak lebih kecil dari P_c maka kromosom pada nomor tersebut akan terpilih untuk disilangkan.

Kromosom yang akan disilangkan adalah sebagai berikut :

Tabel 4.19 Kromosom-kromosom Terpilih

Kromosom	Gen (<i>integer</i>)				
	1	2	3	4	5
1	7	8	9	8	3
2	13	21	1	2	3
3	8	7	6	5	11
4	10	10	10	2	4
6	8	7	6	5	11
7	6	6	6	6	6
8	5	11	12	21	21
9	5	11	12	21	21
11	3	9	9	9	9
13	13	14	15	16	17
14	6	7	7	7	4
15	8	8	7	10	7
16	8	7	6	5	11
17	8	7	6	5	11
18	14	15	16	17	6
19	8	8	7	10	7
21	6	6	6	6	6
22	2	1	4	5	6
24	21	13	15	17	14
25	2	8	9	10	7

Proses penyilangan (*crossover*) dapat dilihat pada Tabel 4.20 :

Tabel 4.20 Hasil Penyilangan (*Crossover*)

Kromoso m	Gen (<i>integer</i>)					Acak Posisi	Hasil Penyilangan				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	7	8	9	8	3	1	7	21	1	2	3
2	13	21	1	2	3		13	8	9	8	3
3	8	7	6	5	11	4	8	7	6	5	4
4	10	10	10	2	4		10	10	10	2	11
6	8	7	6	5	11	2	8	7	6	6	6
7	6	6	6	6	6		6	6	6	5	11
8	5	11	12	21	21	3	5	11	12	21	21
9	5	11	12	21	21		5	11	12	21	21
11	3	9	9	9	9	1	3	14	15	16	17
13	13	14	15	16	17		13	9	9	9	9
14	6	7	7	7	4	4	6	7	7	7	7
15	8	8	7	10	7		8	8	7	10	4
16	8	7	6	5	11	3	8	7	6	5	11
17	8	7	6	5	11		8	7	6	5	11
18	14	15	16	17	6	3	14	15	16	10	7
19	8	8	7	10	7		8	8	7	17	6
21	6	6	6	6	6	2	6	6	4	5	6
22	2	1	4	5	6		2	1	6	6	6
24	21	13	15	17	14	2	21	13	9	10	7
25	2	8	9	10	7		2	8	15	17	14

Kromosom-kromosom yang terbentuk setelah proses penyilangan (*crossover*) sebagai berikut :

Tabel 4.21 Kromosom-kromosom Setelah Proses Penyilangan (Generasi 1)

Kromosom	Gen (<i>integer</i>)				
	1	2	3	4	5
1	7	21	1	2	3
2	13	8	9	8	3
3	8	7	6	5	4
4	10	10	10	2	11
5	10	10	10	2	4
6	8	7	6	6	6
7	6	6	6	5	11
8	5	11	12	21	21
9	5	11	12	21	21
10	21	13	15	17	14

Tabel 4.21 Kromosom-kromosom Setelah Proses Penyilangan (Generasi 1) (Lanjutan)

Kromosom	Gen (<i>integer</i>)				
	1	2	3	4	5
11	3	14	15	16	17
12	2	1	4	5	6
13	13	9	9	9	9
14	6	7	7	7	7
15	8	8	7	10	4
16	8	7	6	5	11
17	8	7	6	5	11
18	14	15	16	10	7
19	8	8	7	17	6
20	3	9	9	9	9
21	6	6	4	5	6
22	2	1	6	6	6
23	1	1	1	1	1
24	21	13	9	10	7
25	2	8	15	17	14

9. Tahapan Mutasi (*Mutation*)

Proses mutasi dilakukan terhadap kromosom-kromosom yang telah terbentuk pada tahapan sebelumnya.

Tabel 4.22 Bilangan Acak pada Tahapan Mutasi (Generasi 1)

No	Acak Posisi	No	Acak Posisi	No	Acak Posisi	No	Acak Posisi	No	Acak Posisi
1	0.14	26	0.08	51	0.95	76	0.85	101	0.23
2	0.56	27	0.84	52	0.42	77	0.89	102	0.5
3	0.63	28	0.01	53	0.55	78	0.28	103	0.78
4	0.83	29	0.76	54	0.8	79	0.93	104	0.04
5	0.35	30	0.3	55	0.96	70	0.29	105	0.97
6	0.62	31	0.42	56	0.67	81	0.23	106	0.2
7	0.94	32	0.62	57	0.82	82	0.34	107	0.74
8	0.36	33	0.6	58	0.82	83	0.62	108	0.71
9	0.45	34	0.64	59	0.51	84	0.14	109	0.88
10	0.21	35	0.78	60	0.7	85	0.51	110	0.82
11	0.69	36	0.83	61	0.6	86	0.77	111	0.28
12	0.75	37	0.88	62	0.41	87	0.99	112	0.99
13	0.68	38	0.68	63	0.74	88	0.52	113	0.41
14	0.23	29	0.46	64	0.04	89	0.66	114	0.04
15	0.76	40	0.6	65	0.2	90	0.65	115	0.7

Tabel 4.22 Bilangan Acak pada Tahapan Mutasi (Generasi 1) (Lanjutan)

No	Acak Posisi	No	Acak Posisi	No	Acak Posisi	No	Acak Posisi	No	Acak Posisi
16	0.31	41	0.02	66	0.44	91	0.98	116	0.25
17	0.06	42	0.83	67	0.92	92	0.13	117	0.86
18	0.23	43	0.21	68	0.15	93	0.32	118	0.76
19	0.04	44	0.98	69	0.66	94	0.92	119	0.83
20	0.14	45	0.08	70	0.61	95	0.31	120	0.93
21	0.74	46	0.84	71	0.75	96	0.07	121	0.74
22	0.63	47	0.01	72	0.93	97	0.69	122	0.99
23	0.83	48	0.76	73	0.24	98	0.27	123	0.27
24	0.35	49	0.3	74	0.5	99	0.56	124	0.31
25	0.62	50	0.42	75	0.75	100	0.91	125	0.5

Gen yang terpilih akan diganti dengan nilai gen baru yang dipilih secara acak mewakili kode bahan-bahan pakan. Hasil mutasi sebagai berikut :

Tabel 4.23 Hasil Mutasi

Kromosom	Gen Terpilih (<i>integer</i>)					Nilai Acak	Hasil Mutasi				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	7	21	1	2	3		7	21	1	2	3
2	13	8	9	8	3		13	8	9	8	3
3	8	7	6	5	4		8	7	6	5	4
4	10	10	10	2	11	19	10	10	10	19	11
5	10	10	10	2	4		10	10	10	2	4
6	8	7	6	6	6	12	8	7	12	6	6
7	6	6	6	5	11		6	6	6	5	11
8	5	11	12	21	21		5	11	12	21	21
9	5	11	12	21	21	11	11	11	12	21	21
10	21	13	15	17	14	21	21	21	15	17	14
11	3	14	15	16	17		3	14	15	16	17
12	2	1	4	5	6		2	1	4	5	6
13	13	9	9	9	9	19	13	9	9	19	9
14	6	7	7	7	7		6	7	7	7	7
15	8	8	7	10	4		8	8	7	10	4
16	8	7	6	5	11		8	7	6	5	11
17	8	7	6	5	11		8	7	6	5	11
18	14	15	16	10	7		14	15	16	10	7
19	8	8	7	17	6		8	8	7	17	6
20	3	9	9	9	9		3	9	9	9	9
21	6	6	4	5	6		6	6	4	5	6
22	2	1	6	6	6		2	1	6	6	6
23	1	1	1	1	1	5	1	1	1	5	1

Tabel 4.23 Hasil Mutasi (Lanjutan)

Kromoso m	Gen Terpilih (<i>integer</i>)					Nilai Acak	Hasil Mutasi				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
24	21	13	9	10	7		21	13	9	10	7
25	2	8	15	17	14		2	8	15	17	14

Kromosom-kromosom yang terbentuk setelah proses mutasi, yaitu :

Tabel 4.24 Kromosom-kromosom Setelah Proses Mutasi (Generasi 1)

Kromosom	Gen (<i>integer</i>)				
	1	2	3	4	5
1	7	21	1	2	3
2	13	8	9	8	3
3	8	7	6	5	4
4	10	10	10	5	11
5	10	10	10	2	4
6	8	7	12	6	6
7	6	6	6	5	11
8	5	11	12	21	21
9	11	11	12	21	21
10	21	21	15	17	14
11	3	14	15	16	17
12	2	1	4	5	6
13	13	9	9	15	9
14	6	7	7	7	7
15	8	8	7	10	4
16	8	7	6	5	11
17	8	7	6	5	11
18	14	15	16	10	7
19	8	8	7	17	6
20	3	9	9	9	9
21	6	6	4	5	6
22	2	1	6	6	6
23	1	1	1	5	1
24	21	13	9	10	7
25	2	8	15	17	14

10. Tahapan Pilihan (*Elite Strategy / Elitism*)

Proses *elitism* dilakukan dengan cara memilih sejumlah kromosom yang ada pada *pareto set* menggunakan $P_e = 0.5$. Misalkan terpilih secara acak kromosom 1 dari *pareto set*.

Tabel 4.25 *Pareto Set* pada Tahapan Pilihan

Kromosom	Gen (<i>integer</i>)					$f1(x)$	$f2(x)$
	1	2	3	4	5		
1	12	2	4	4	6	0.4223	32000
12	5	11	12	21	21	0.8685	17000

11. Penggantian (*Replacement*)

Populasi baru pada generasi berikutnya dihasilkan dari kromosom-kromosom setelah proses mutasi dan pergantian kromosom dari hasil proses *elitism*. Misalkan kromosom 11 terpilih secara acak untuk diganti.

Tabel 4.26 Hasil Penggantian Populasi (Generasi 2)

Kromosom	Gen (<i>integer</i>)					Asal
	1	2	3	4	5	
1	7	21	1	2	3	1
2	13	8	9	8	3	2
3	8	7	6	5	4	3
4	10	10	10	5	11	4
5	10	10	10	2	4	5
6	8	7	12	6	6	6
7	6	6	6	5	11	7
8	5	11	12	21	21	8
9	11	11	12	21	21	9
10	21	21	15	17	14	10
11	12	2	4	4	6	1
12	2	1	4	5	6	12
13	13	9	9	15	9	13
14	6	7	7	7	7	14
15	8	8	7	10	4	15
16	8	7	6	5	11	16
17	8	7	6	5	11	17
18	14	15	16	10	7	18
19	8	8	7	17	6	19
20	3	9	9	9	9	20
21	6	6	4	5	6	21
22	2	1	6	6	6	22
23	1	1	1	5	1	23
24	21	13	9	10	7	24
25	2	8	15	17	14	25

12. Proses Berhenti

Proses berhenti dilakukan sesuai dengan kriteria jumlah generasi yaitu 1. $w_1=0.67$, $w_2=0.33$. Hasil akhir yang diperoleh yaitu :

Tabel 4.27 Hasil Nilai-nilai Obyektif Populasi pada Generasi 2

Kromosom	Gen (<i>integer</i>)					$f_1(x)$	$f_2(x)$	$f(x)$
	1	2	3	4	5			
1	7	21	1	2	3	1.6761	47400	15643.12
2	13	8	9	8	3	1.4177	38500	12705.95
3	8	7	6	5	4	3.7189	39400	13004.49
4	10	10	10	5	11	2.8679	26000	8581.921
5	10	10	10	2	4	1.1492	37000	12210.77
6	8	7	12	6	6	4.6354	37400	12345.11
7	6	6	6	5	11	5.3939	17000	5613.614
8	5	11	12	21	21	0.8685	17000	5610.582
9	11	11	12	21	21	1.5411	18000	5941.033
10	21	21	15	17	14	3.1386	32800	10826.1
11	12	2	4	4	6	0.4223	32000	10560.28
12	2	1	4	5	6	1.2538	35000	11550.84
13	13	9	9	15	9	3.7568	25500	8417.517
14	6	7	7	7	7	10.182	65600	21654.82
15	8	8	7	10	4	3.0325	50400	16634.03
16	8	7	6	5	11	5.3148	34400	11355.56
17	8	7	6	5	11	5.3148	34400	11355.56
18	14	15	16	10	7	3.8747	52200	17228.6
19	8	8	7	17	6	5.8411	44400	14655.91
20	3	9	9	9	9	4.0483	19000	6272.712
21	6	6	4	5	6	3.798	22000	7262.545
22	2	1	6	6	6	3.8282	33000	10892.56
23	1	1	1	5	1	1.9373	54000	17821.3
24	21	13	9	10	7	2.9855	37900	12509
25	2	8	15	17	14	2.521	42800	14125.69

Berikut hasil solusi optimal pareto pada generasi 2:

Tabel 4.28 Hasil Solusi Optimal Pareto Generasi 2

Kromosom	Gen (<i>integer</i>)					$f_1(x)$	$f_2(x)$
	1	2	3	4	5		
11	12	2	4	4	6	0.4223	32000
8	5	11	12	21	21	0.8685	17000

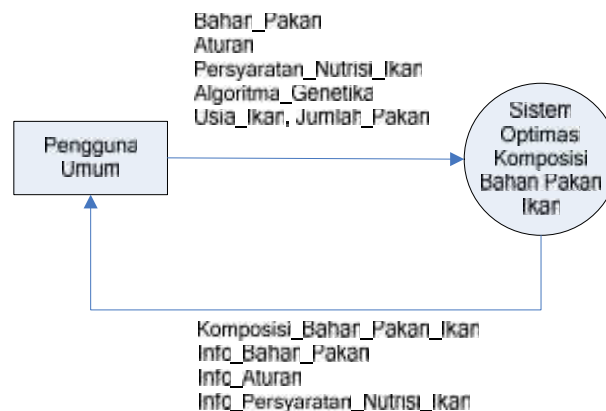
4.6 Perancangan Sistem

4.6.1 Deskripsi Fungsional

Model perancangan yang digunakan pada aplikasi adalah model fungsional. Model ini dipilih karena proses kerja sistem lebih ditekankan pada tranformasi data masukan menjadi data keluaran. Identifikasi data masukan dari perangkat lunak hingga menghasilkan informasi digambarkan melalui *context diagram*, *data flow diagram*, dan ERD (*Entity Relationship Diagram*).

4.6.1.1 Diagram Konteks (*Context Diagram*)

Diagram konteks (*context diagram*) digunakan untuk menggambarkan hubungan *input* dan *output* antara sistem dengan dunia luarnya (kesatuan luar). Suatu diagram konteks mengandung satu proses yang mewakili seluruh sistem.



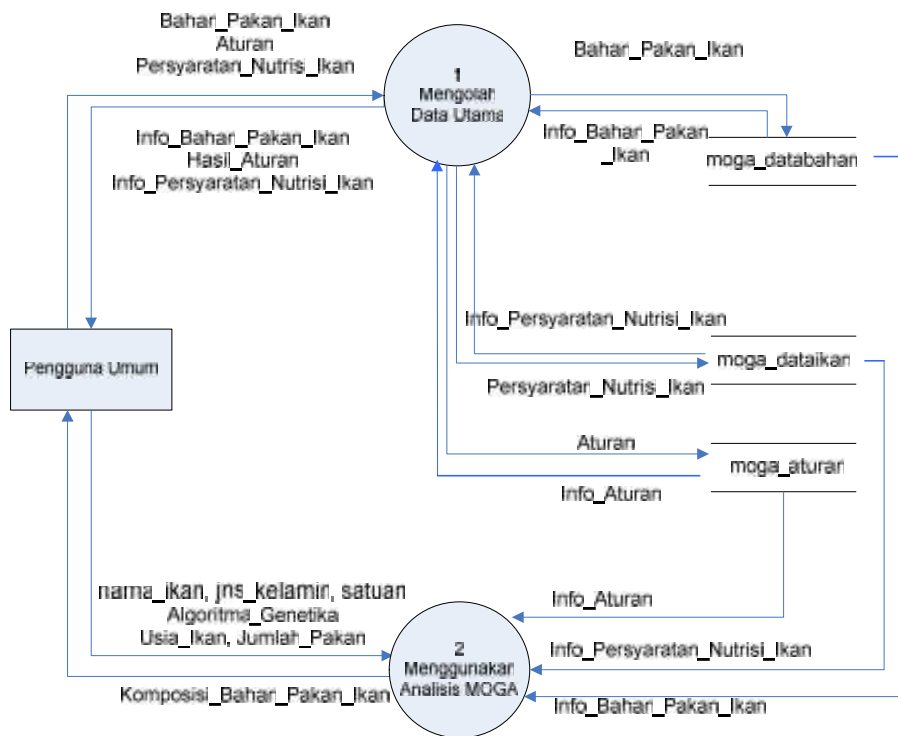
Gambar 4.2 *Context Diagram*

Pengguna umum adalah entitas luar yang berinteraksi dengan sistem yang memiliki peran :

- Melihat, menambah, mengubah dan menghapus data bahan pakan ikan.
- Melihat, menambah, mengubah dan menghapus data persyaratan nutrisi ikan dan data aturan.
- Melakukan proses penghitungan optimasi dan melihat hasil optimasi komposisi bahan-bahan pakan ikan.

4.6.1.2 Data Flow Diagram (DFD)

Diagram alir data (*data flow diagram*) merupakan penjabaran dari diagram konteks yang menjelaskan bagaimana fungsi-fungsi di dalam sistem secara logika akan bekerja.



Gambar 4.3 DFD Level 1

Keterangan DFD level 1 ditampilkan sebagai berikut :

Tabel 4.29 Keterangan Proses DFD Level 1

No	Nama Proses	Deskripsi
1	Mengolah data utama	Proses untuk melakukan pengolahan data aturan, persyaratan nutrisi ikan, dan bahan-bahan pakan
2	Menggunakan analisis MOGA	Proses untuk melakukan penghitungan optimasi komposisi bahan pakan ikan menggunakan MOGA dan menampilkan hasil

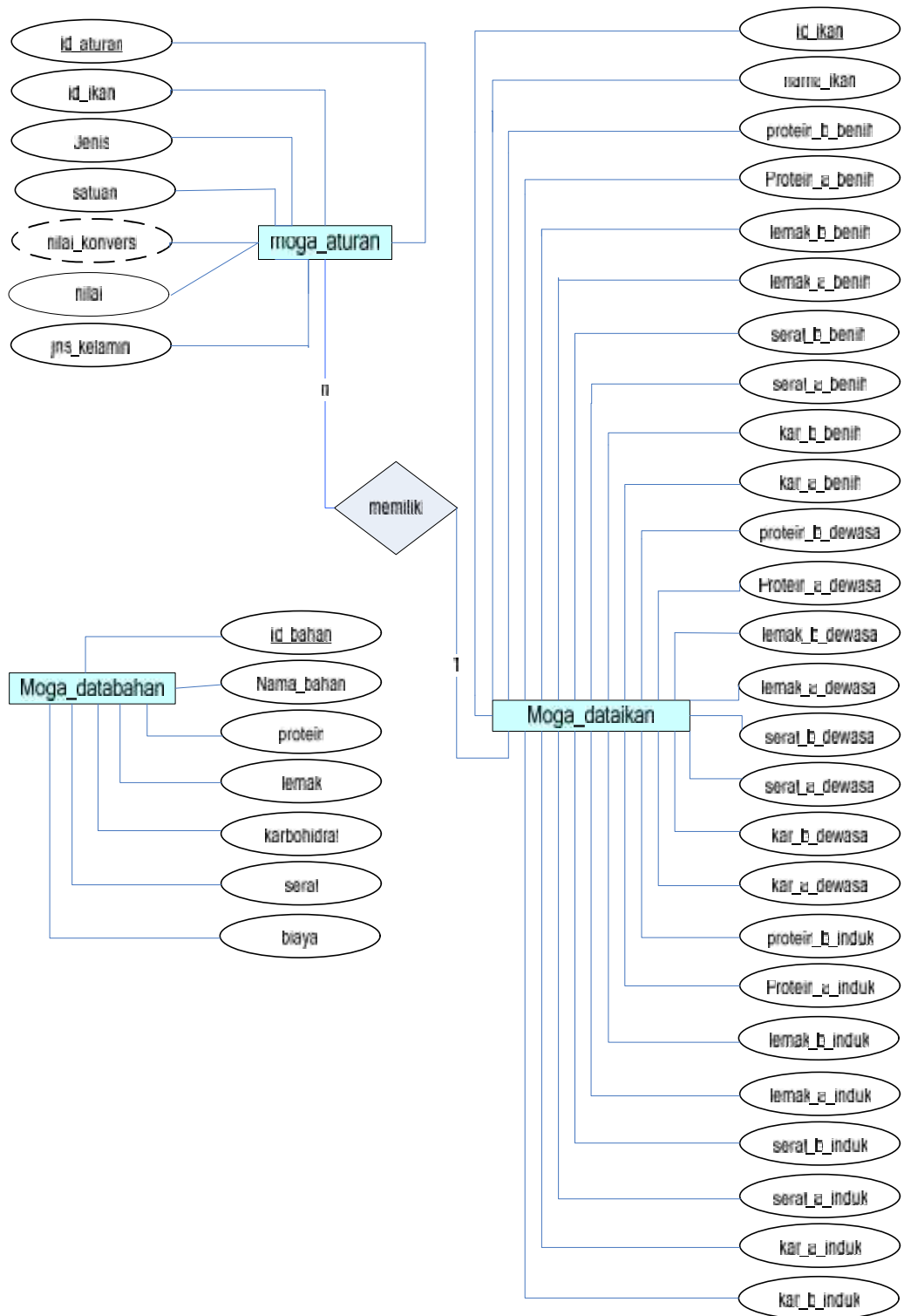
Keterangan aliran data DFD Level 1 ditampilkan sebagai berikut :

Tabel 4.30 Keterangan Aliran Data DFD Level 1

No	Nama	Deskripsi
1	Bahan_Pakan_Ikan	Berisi data bahan pakan ikan yang mengalir ke sistem
2	Persyaratan_Nutrisi_Ikan	Berisi data persyaratan kebutuhan nutrisi ikan yang mengalir ke sistem
3	Algoritma_Genetika	Berisi data algoritma genetika yang mengalir ke sistem
4	Aturan	Berisi data aturan yang mengalir ke sistem
5	Info_Bahan_Pakan_Ikan	Info bahan pakan ikan yang diterima dari sistem
6	Info_Persyaratan_Nutrisi_Ikan	Info persyaratan nutrisi ikan yang diterima dari sistem
7	Info_Aturan	Info aturan yang diterima dari sistem
8	Komposisi_Bahan_Pa-kan_Ikan	Berisi informasi hasil olahan metode MOGA yang diterima dari sistem
9	Usia_Ikan	Merupakan data usia ikan
10	Jumlah_Pakan	Merupakan data jumlah bobot pakan yang akan dihasilkan
11	Hasil_Aturan	Berisi pembacaan data aturan dari tabel aturan

Penjelasan DFD secara rinci dapat dilihat pada lampiran D.

4.6.1.3 Entity Relationship Diagram (ERD)



Gambar 4.4 ER-Diagram

4.6.1.4 Dekomposisi Data

Dekomposisi data menjelaskan tentang apa yang terdapat pada ERD (*Entity Relationship Diagram*).

4.6.1.4.1 Entitas

Keterangan entitas pada Gambar 4.4 adalah sebagai berikut :

Tabel 4.31 Deskripsi Dekomposisi Entitas

Nama	Deskripsi	Atribut	Kunci
moga_databahan	Berbagai bahan pakan ikan yang akan digunakan dalam proses penentuan komposisi	<ul style="list-style-type: none">• id_bahan• nama_bahan• protein• lemak• serat• karbohidrat• biaya	id_bahan (<i>Primary key</i>)
moga_dataikan	Persyaratan nutrisi yang dibutuhkan oleh ikan pada tingkat benih, dewasa, dan induk	<ul style="list-style-type: none">• id_ikan• nama_ikan• protein_b_benih• Protein_a_benih• lemak_b_benih• lemak_a_benih• serat_b_benih• serat_a_benih• kar_b_benih• kar_a_benih• protein_b_dewasa• Protein_a_dewasa• lemak_b_dewasa• lemak_a_dewasa• serat_b_dewasa• serat_a_dewasa• kar_b_dewasa• kar_a_dewasa• protein_b_induk• Protein_a_induk• lemak_b_induk• lemak_a_induk• serat_b_induk	id_ikan (<i>Primary key</i>)

Tabel 4.31 Deskripsi Dekomposisi Entitas (Lanjutan)

Nama	Deskripsi	Atribut	Kunci
		<ul style="list-style-type: none"> • kar_a_induk • serat_a_induk • kar_b_induk 	
moga_aturan	Entitas yang bertujuan untuk menentukan tingkat pertumbuhan ikan (benih, dewasa, induk)	<ul style="list-style-type: none"> • id_aturan • id_ikan • Jenis • nilai • satuan • jns_kelamin • nilai_konversi 	<ul style="list-style-type: none"> • id_aturan (<i>Primary key</i>) • id_ikan (<i>Foreign key</i>)

4.6.1.5 Deskripsi Perancangan Rinci

Deskripsi perancangan rinci membahas perancangan tabel pada basis data (*database*) secara rinci. Pada Aplikasi ini ada 3 tabel, yaitu moga_databahan, moga_dataikan dan moga_aturan.

4.6.1.5.1 Tabel Data Ikan

Nama : moga_dataikan

Jenis : tabel

Deskripsi Isi : Berisi id_ikan, nama_ikan, protein_b_benih, Protein_a_benih, lemak_b_benih, lemak_a_benih, serat_b_benih, serat_a_benih, kar_b_benih, kar_a_benih, protein_b_dewasa, Protein_a_dewasa, lemak_b_dewasa, lemak_a_dewasa, serat_b_dewasa, serat_a_dewasa, kar_b_dewasa, kar_a_dewasa, protein_b_induk, Protein_a_induk, lemak_b_induk, lemak_a_induk, serat_b_induk, serat_a_induk, kar_b_induk, kar_a_induk.

Primary key : id_ikan

Tabel 4.32 Perancangan Tabel Data Persyaratan Nutrisi Ikan

<i>Field</i>	Type Data	<i>Length</i>	Keterangan
id_ikan	mediumint	4	<i>Auto Increment</i>
nama_ikan	char	50	
protein_b_benih	double	4	<i>Default = Null</i>
Protein_a_benih	double	4	<i>Default = Null</i>
lemak_b_benih	double	4	<i>Default = Null</i>
lemak_a_benih	double	4	<i>Default = Null</i>
serat_b_benih	double	4	<i>Default = Null</i>
serat_a_benih	double	4	<i>Default = Null</i>
kar_b_benih	double	4	<i>Default = Null</i>
kar_a_benih	double	4	<i>Default = Null</i>
protein_b_dewasa	double	4	<i>Default = Null</i>
Protein_a_dewasa	double	4	<i>Default = Null</i>
lemak_b_dewasa	double	4	<i>Default = Null</i>
lemak_a_dewasa	double	4	<i>Default = Null</i>
serat_b_dewasa	double	4	<i>Default = Null</i>
serat_a_dewasa	double	4	<i>Default = Null</i>
kar_b_dewasa	double	4	<i>Default = Null</i>
kar_a_dewasa	double	4	<i>Default = Null</i>
protein_b_induk	double	4	<i>Default = Null</i>
Protein_a_induk	double	4	<i>Default = Null</i>
lemak_b_induk	double	4	<i>Default = Null</i>
lemak_a_induk	double	4	<i>Default = Null</i>
serat_b_induk	double	4	<i>Default = Null</i>
serat_a_induk	double	4	<i>Default = Null</i>
kar_b_induk	double	4	<i>Default = Null</i>
kar_a_induk	double	4	<i>Default = Null</i>

4.6.1.5.2 Tabel Data Bahan

Nama : moga_databahan

Jenis : tabel

Deskripsi Isi : Berisi id_bahan, nama_bahan, protein, lemak, serat, karbohidrat, biaya.

Primary key : id_bahan

Tabel 4.33 Perancangan Tabel Data Bahan Pakan Ikan

<i>Field</i>	Type Data	<i>Length</i>	Keterangan
id_bahan	int	4	<i>Auto Increment</i>
nama_bahan	varchar	50	<i>Default = Null</i>

Tabel 4.33 Perancangan Tabel Data Bahan Pakan Ikan (Lanjutan)

<i>Field</i>	Tipe Data	<i>Length</i>	Keterangan
protein	double	6	<i>Default = Null</i>
lemak	double	6	<i>Default = Null</i>
serat	double	6	<i>Default = Null</i>
karbohidrat	double	6	<i>Default = Null</i>
biaya	decimal	8	<i>Default = Null</i>

4.6.1.5.3 Tabel Aturan

Nama : moga_aturan

Jenis : tabel

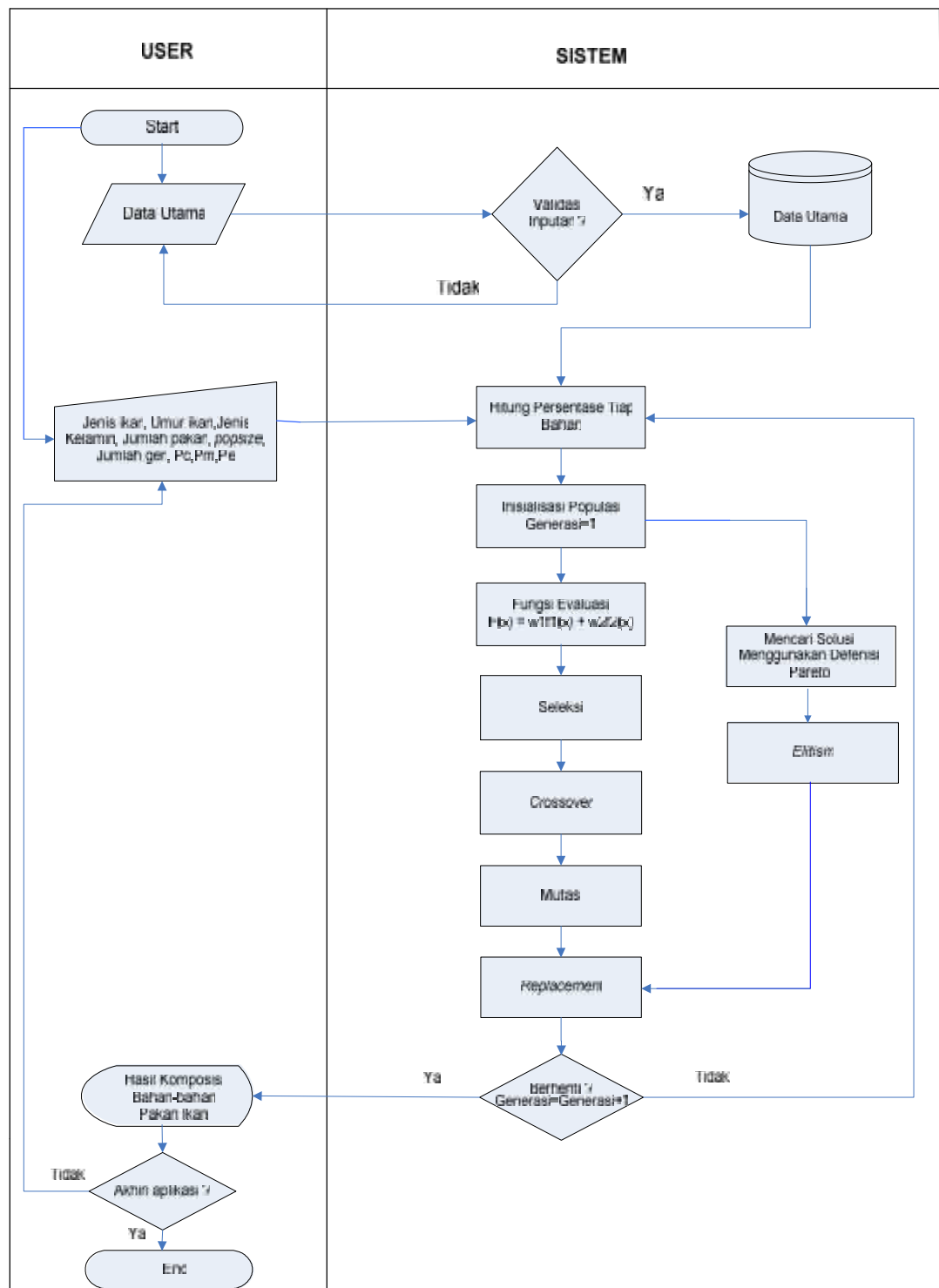
Deskripsi Isi : Berisi id_aturan, id_ikan, Jenis, nilai, satuan, jns_kelamin, nilai_konversi.

Primary key : id_aturan

Tabel 4.34 Perancangan Tabel Data Aturan

<i>Field</i>	Tipe Data	<i>Length</i>	Keterangan
id_aturan	int	4	<i>Auto Increment</i>
id_ikan	mediumint	4	
Jenis	enum	0	
nilai	double	12	
satuan	enum	0	
jns_kelamin	enum	0	
nilai_konversi	double	18	

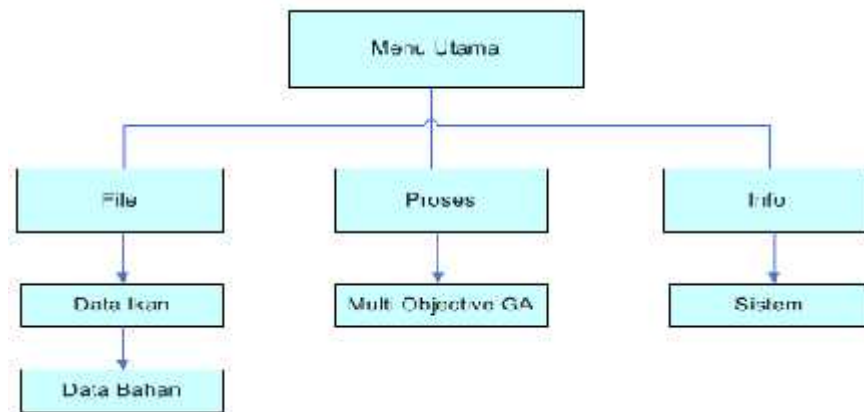
4.6.2 Flowchart Sistem Optimasi Komposisi Bahan Pakan



Gambar 4.5 Flowchart Sistem

4.6.3 Sub Sistem Dialog

Susunan daftar pilihan diperlukan untuk memudahkan pengoperasian sistem sehingga pengguna yang belum terbiasa dengan sistem juga dapat menggunakan sistem dan berkomunikasi dengan sistem. Berikut digambarkan struktur daftar menu dari sistem :



Gambar 4.6 Sub Sistem Dialog

4.6.3.1 Perancangan Tampilan

Pada bagian ini yang ditampilkan hanya perancangan menu utama, sedangkan untuk perancangan sub menu lainnya dapat dilihat pada lampiran E.

a. *Form* Utama

Rancangan menu utama / *form* utama dapat dilihat pada Gambar 4.7.



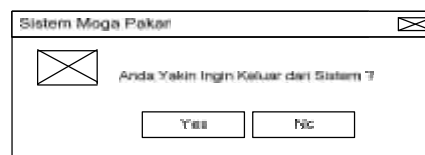
Gambar 4.7 Perancangan Menu Utama / *Form* Utama

Berikut keterangan tampilan menu utama / *form* utama :

Tabel 4.35 Keterangan Tampilan Menu Utama

Nama Objek	Jenis	Keterangan
jMenuBar1	JMenuBar	
jMenu1	JMenu	
jMenuItem1	JMenuItem	Menampilkan <i>form</i> untuk pengolahan data bahan pakan (lihat, <i>input</i> , ubah,hapus)
jMenuItem2	JMenuItem	Menampilkan <i>form</i> untuk pengolahan data ikan
jMenu2	JMenuBar	
jMenuItem3	JMenu	Menampilkan <i>form</i> untuk penghitungan optimasi
jMenu3	JMenuBar	
jMenuItem4	JMenu	Menampilkan <i>form</i> yang berisi tentang info penulis

Berikut perancangan tampilan konfirmasi pada *form* utama :



Gambar 4.8 Perancangan Tampilan Konfirmasi pada *Form* Utama

BAB V

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

5.1 Implementasi Sistem

Implementasi merupakan suatu tahapan di mana hasil rancangan diterjemahkan ke dalam suatu bahasa yang dimengerti oleh mesin dalam bentuk kode-kode program.

5.1.1 Lingkungan Implementasi

Lingkungan implementasi sistem terbagi dua yaitu lingkungan perangkat keras dan perangkat lunak.

1. Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

- a. *Processor* Pentium IV
- b. *Memory* 256 MB
- c. *Hard disk* berkapasitas 40 GB

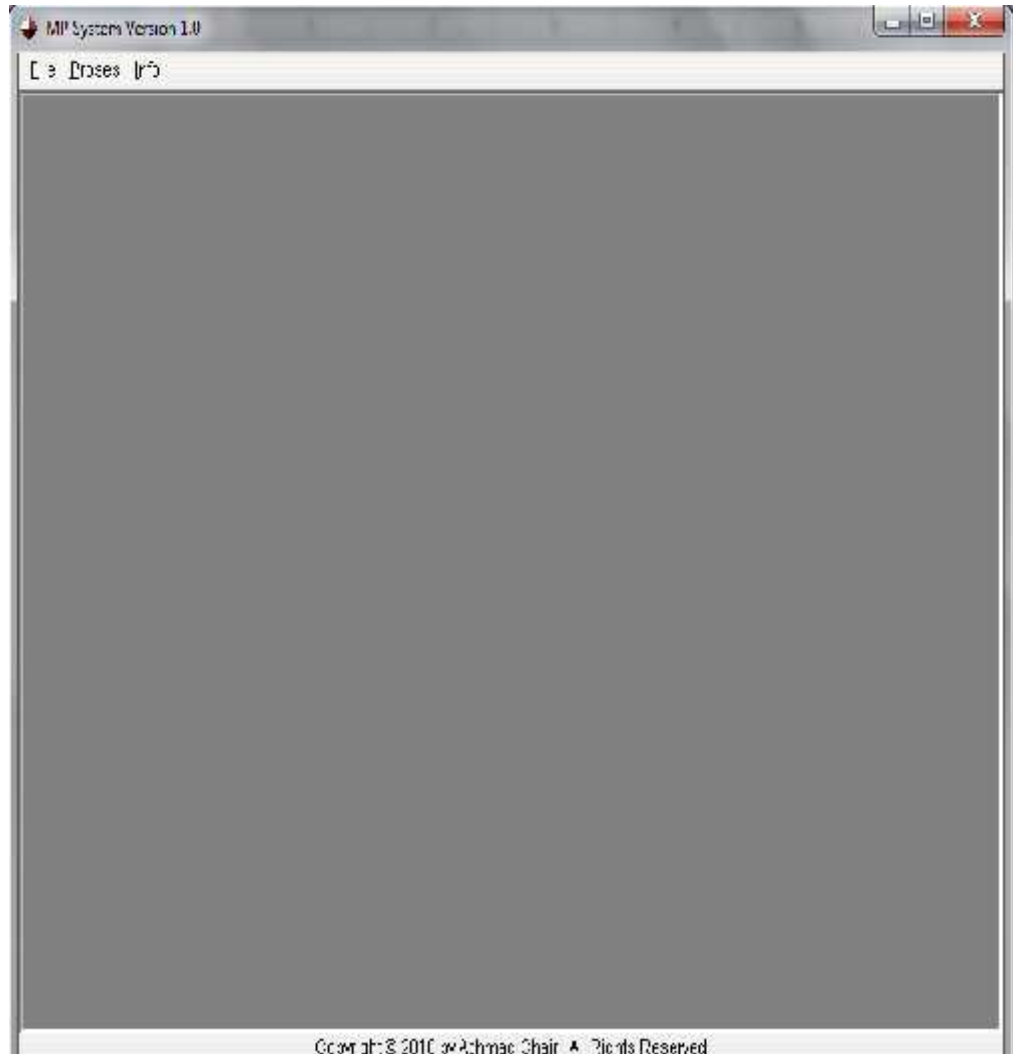
2. Perangkat Lunak

Perangkat lunak dalam implementasi ini menggunakan :

- a. Platform : Sistem Operasi Windows XP
- b. Bahasa pemograman : Java (JDK 1.6)
- c. Editor : JCreator 2 LE
- d. *Database* : MySQL 5.0

5.1.2 Implementasi Tampilan

Form utama yang ditampilkan oleh aplikasi dapat dilihat pada Gambar 5.1 sebagai berikut :



Gambar 5.1 Tampilan *Form* Utama

Form utama merupakan *form* awal yang tampil ketika pengguna mulai menjalankan aplikasi. Terdapat beberapa sub menu pada *form* utama, yaitu :

1. Sub Menu Data Bahan (Menu File)

Sub menu data bahan digunakan oleh aplikasi untuk melihat, menambah, mengubah, dan menghapus data-data bahan pakan ikan.

2. Sub Menu Data Ikan (Menu File)

Sub menu data ikan digunakan oleh aplikasi untuk melihat, menambah, mengubah, dan menghapus data-data persyaratan nutrisi ikan dan aturan.

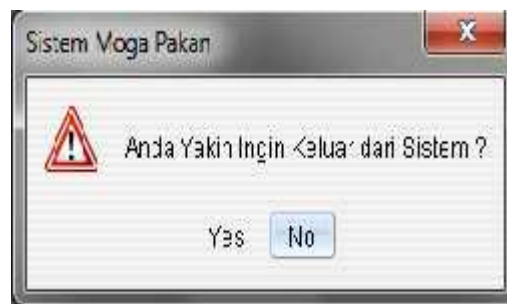
3. Sub Menu Proses Multi Obyektif (Menu Proses)

Sub menu proses multi obyektif digunakan oleh aplikasi untuk melakukan proses penghitungan optimasi komposisi bahan pakan ikan menggunakan metode Algoritma Genetika Multi Obyektif.

4. Sub Menu Sistem (Menu Info)

Sub menu sistem digunakan oleh aplikasi untuk melihat informasi tentang sistem.

Tampilan konfirmasi pada *form* utama ketika pengguna akan keluar dari aplikasi dapat dilihat pada Gambar 5.2 :



Gambar 5.2 Tampilan Konfirmasi pada *Form* Utama

Implementasi secara rinci terlihat pada lampiran F.

5.2 Pengujian Sistem

Tahapan pengujian sistem dilakukan setelah tahap implementasi. Tahapan ini berguna untuk menemukan kesalahan-kesalahan yang mungkin terjadi pada aplikasi. Pengujian pada penelitian difokuskan terhadap dua hal, yaitu :

1. Pengujian Fungsi-fungsi Aplikasi

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan apakah fungsi pada aplikasi telah berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional yang telah didefinisikan. Kategori kesalahan yang ingin ditemukan yaitu fungsi-fungsi yang tidak benar atau hilang, kesalahan antarmuka, kesalahan akses basis data (*database*), dan kesensitifan perangkat lunak terhadap nilai

masukan tertentu. Prosedur yang dilakukan untuk mengidentifikasi kesensitifan masukan (*input*) pada aplikasi adalah dengan membagi data masukan menjadi nilai-nilai yang valid dan tidak valid, nilai data tersebut dapat berupa numerik atau string. Pesan kesalahan akan ditampilkan oleh aplikasi jika terdapat suatu nilai yang tidak benar dalam data masukan. Prosedur yang dilakukan untuk mengidentifikasi kesalahan antarmuka dan fungsi-fungsi yang tidak benar yaitu dengan memeriksa seluruh tombol yang ada pada sistem dan melihat output yang dihasilkan, sedangkan untuk kesalahan akses basis data dilakukan dengan memeriksa tabel pada basis data (*database*) sesuai dengan proses yang terjadi.

2. Pengujian Tingkat Keberhasilan Metode MOGA

Pengujian ini berguna untuk mengetahui tingkat akurasi metode MOGA pada aplikasi optimasi komposisi bahan pakan ikan air tawar, dilakukan sebanyak lima kali percobaan pada setiap identifikasi dan menggunakan 33 data bahan pakan. Setiap identifikasi mendeskripsikan penggunaan parameter algoritma genetika yang berbeda. Tingkat keberhasilan metode MOGA dapat dilihat dari pencapaian kebutuhan nutrisi optimal dan efisiensi biaya. Standar yang digunakan untuk melihat pencapaian kebutuhan nutrisi optimal berdasarkan pada data persyaratan nutrisi optimal pakan ikan (kebutuhan protein, lemak, serat, dan karbohidrat) sebagai data pembanding, sedangkan efisiensi biaya berdasarkan pada data harga pakan (Rp.8.000,00/Kg) yang diperoleh dari hasil wawancara dengan staf Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Riau. Performansi dihasilkan dengan menghitung perbedaan antara pencapaian kebutuhan nutrisi terbaik (100%) dengan persentase *error*, sedangkan persentase *error* (PE_t) merupakan selisih antara hasil penghitungan aplikasi (F_t) dan nilai batas pada rentang (R_t), dibagi dengan nilai aktual (X_t), hasil pembagian kemudian dikalikan dengan 100%. Nilai aktual adalah nilai tengah dari rentang kebutuhan optimal zat gizi. Nilai absolut dari perhitungan tersebut kemudian dijumlahkan untuk setiap pengujian, kemudian dibagi lagi dengan jumlah pengujian yang dilakukan (5 kali)

untuk menghasilkan rata-rata persentase kesalahan (*error*) setiap identifikasi. Rata-rata performansi dihasilkan melalui penjumlahan nilai performansi setiap pengujian, kemudian dibagi dengan banyaknya jumlah pengujian yang dilakukan pada setiap identifikasi. Efisiensi biaya merupakan selisih antara total biaya aktual dengan total biaya hasil olahan aplikasi, sedangkan rata-rata efisiensi biaya pada setiap identifikasi merupakan penjumlahan efisiensi biaya setiap pengujian dibagi dengan banyaknya jumlah pengujian yang dilakukan pada setiap identifikasi.

5.2.1 Lingkungan Pengujian Sistem

Lingkungan pengujian sistem terbagi dua yaitu lingkungan perangkat keras dan perangkat lunak.

1. Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

- a. *Processor* Pentium IV
- b. *Memory* 256 MB
- c. *Hard disk* berkapasitas 40 GB

2. Perangkat Lunak

Perangkat lunak dalam pengujian ini menggunakan :

- a. Platform Windows XP Professional
- b. *Database* MySQL 5.0

5.2.2 Pengujian *Black box*

Identifikasi dan rencana pengujian yang dilakukan sebagai berikut :

Tabel 5.1 Identifikasi dan Rencana Pengujian

Kelas Uji	Butir Uji	Tingkat Pengujian	Jenis Pengujian	Tanggal Uji
Form utama	Pengujian tampilan dan fungsi-fungsi	Pengujian sistem	<i>Black box</i>	17/05/2010
Data bahan	Pengujian tampilan dan fungsi-fungsi	Pengujian sistem	<i>Black box</i>	17/05/2010

Tabel 5.1 Identifikasi dan Rencana Pengujian (Lanjutan)

Kelas Uji	Butir Uji	Tingkat Pengujian	Jenis Pengujian	Tanggal Uji
	Pengujian akses	Pengujian	<i>Black box</i>	17/05/2010
	basis data	sistem		
	Pengujian kesalahan pengisian masukan	Pengujian sistem	<i>Black box</i>	17/05/2010
Data aturan dan persyaratan nutrisi ikan (data ikan)	Pengujian tampilan dan fungsi-fungsi	Pengujian sistem	<i>Black box</i>	17/05/2010
	Pengujian akses basis data	Pengujian sistem	<i>Black box</i>	17/05/2010
	Pengujian kesalahan pengisian masukan	Pengujian sistem	<i>Black box</i>	17/05/2010
Proses multi obyektif	Pengujian tampilan dan fungsi-fungsi	Pengujian sistem	<i>Black box</i>	18/05/2010
	Pengujian kesalahan pengisian masukan	Pengujian sistem	<i>Black box</i>	17/05/2010
	Tingkat keberhasilan metode MOGA	Pengujian sistem	<i>Black box</i>	20/05/2010 & 31/08/2010

5.2.3 Deskripsi dan Hasil Pengujian Fungsi-fungsi Aplikasi

5.2.3.1 Menu Utama

Butir uji yang dilakukan pada pengujian *form* utama sebagai berikut :

Tabel 5.2 Butir Uji Pengujian *Form* Utama

Deskripsi	Pre-kon-disi	Prosedur Pengujian	Masukan	Keluaran yang Diharapkan	Kriteria Evaluasi Hasil	Hasil	Kesimpulan
Pengujian tampilan dan fungsi-fungsi dilakukan dengan menekan menu yang terdapat pada <i>form</i> utama	<i>Form</i> utama	Klik menu <i>file</i> Klik sub menu data bahan	Klik	Muncul <i>form</i> data bahan	Apabila masukan benar akan muncul <i>form</i> data bahan	Muncul <i>form</i> data bahan	Benar
		Klik menu <i>file</i> Klik sub menu data ikan	Klik	Muncul <i>form</i> data ikan	Apabila masukan benar akan muncul <i>form</i> data ikan	Muncul <i>form</i> data ikan	Benar
		Klik menu proses Klik sub menu proses multi obyektif	Klik	Muncul <i>form</i> proses multi obyektif	Apabila masukan benar akan muncul <i>form</i> proses multi obyektif	Muncul <i>form</i> proses multi obyektif	Benar
		Klik menu info Klik sub menu <i>about</i> sistem	Klik	Muncul <i>form</i> info sistem	Apabila masukan benar akan muncul <i>form</i> info sistem	Muncul <i>form</i> info sistem	Benar

Berdasarkan Tabel 5.2 tersebut dapat dijelaskan bahwa pengujian antarmuka (*interface*) dan fungsi-fungsi yang dilakukan ketika menekan menu-menu pada *form* utama memberikan hasil yang benar dengan menampilkan *form* data bahan, *form* data ikan, *form* proses multi obyektif, dan *form* info sistem sesuai dengan proses yang terjadi.

Form data bahan akan ditampilkan dan dijadikan sebagai kriteria evaluasi hasil yang benar jika pengguna menekan menu *file* kemudian sub menu data bahan, sedangkan *form* data ikan akan ditampilkan apabila pengguna menekan menu *file* kemudian sub menu data ikan. *Form* proses multi obyektif ditampilkan apabila pengguna menekan menu proses kemudian sub menu proses multi obyektif, sedangkan *form* info sistem ditampilkan apabila pengguna menekan menu info kemudian menekan sub menu *about* sistem.

5.2.3.2 *Form* Data Bahan

Butir uji yang dilakukan pada pengujian *form* data bahan adalah sebagai berikut :

Tabel 5.3 Butir Uji Pengujian Data Bahan

Deskripsi	Preko-ndisi	Prosedur Pengujian	Masu-kan	Keluaran yang Diharap-kan	Kriteria Evaluasi Hasil	Hasil	Kesim-pulan
Pengujian tampilan dan fungsi-fungsi dilakukan dengan menekan tombol	<i>Form</i> data bahan	Klik tombol tambah	Klik	Muncul <i>form</i> tambah data Bahan	Apabila masukan benar akan muncul <i>form</i>	Muncul <i>form</i> tambah data bahan	Benar

Tabel 5.3 Butir Uji Pengujian Data Bahan (Lanjutan)

Deskripsi	Pre-kon-disi	Prosedur Pengujian	Masu-kan	Keluaran yang Diharap-kan	Kriteria Evaluasi Hasil	Hasil	Kesim-pulan
yang terdapat pada <i>form</i> data bahan					tambah data bahan		
		Pilih data bahan yang akan diubah Klik tombol ubah	Klik	Muncul <i>form</i> ubah data bahan	Apabila masukan benar akan muncul <i>form</i> ubah data bahan	Muncul <i>form</i> ubah data bahan	Benar
Pengu-jian akses basis data dilaku-kan untuk meme-riksa kebenaran penyim-panan data, pengu-bahan data, dan pengha-pusan data pada tabel moga_da-tabahan		Pilih data bahan yang akan dihapus Klik tombol hapus	Klik	Muncul pesan konfir-masi pengha-pusan data bahan yang terdiri dari tombol yes dan no	Apabila menekan tombol yes, data bahan yang telah dipilih akan terhapus	Data bahan yang telah dipilih dihapus	Benar
					Apabila menekan tombol no, peng-hapusan data tidak dila-kukan	Peng-hapu-san data ba-han tidak dila-kukan	Benar

Tabel 5.3 Butir Uji Pengujian Data Bahan (Lanjutan)

Deskripsi	Pre-kon-disi	Prose-dur Pengu-jian	Masu-kan	Keluaran yang Diharap-kan	Kriteria Evaluasi Hasil	Hasil	Kesim-pulan
	<i>Form</i> tam-bah data bahan	Isi nama bahan, protein, lemak, serat, karbo-hidrat, dan biaya Tekan tombol simpan	Nama bahan = "T.Ik-an", protein= 40, le-mak= 16, serat= 12, karbo-hidrat =30, biaya= 7000	Muncul <i>form</i> data bahan	Data bahan berhasil ditam-bah ke dalam tabel dengan benar	Data bahan ditam-bah ke-dalam tabel dengan benar	Benar
	<i>Form</i> ubah data bahan	Ubah data nama bahan, protein, lemak, serat, karbo-hidrat, atau biaya Tekan tombol simpan	Nama bahan = "T.Ud-ang", protein= 40, Le-mak= 16, serat =12, karbo-hidrat =30, biaya =7000	Muncul <i>form</i> data bahan	Data bahan berhasil diubah ke dalam tabel dengan benar	Data bahan berhasil diubah ke dalam tabel dengan benar	Benar

Tabel 5.3 Butir Uji Pengujian Data Bahan (Lanjutan)

Deskripsi	Pre-kon-disi	Prosedur Pengujian	Masu-kan	Keluaran yang Diharap-kan	Kriteria Evaluasi Hasil	Hasil	Kesim-pulan
Pengu- jian kesala- han pengi- sian masuk- an dilaku- kan dengan pengisian data diluar spesi- fikasi yang telah didefi- nisikan	<i>Form</i> tam- bah data bahan	Kosong- kan nama bahan, Isi data protein, lemak, serat, karbo- hidrat, dan biaya Tekan tombol simpan	Nama bahan =" ", pro- tein= 45, le- mak= 26, serat= 12, karbo- hidrat =30, biaya= 6000	Muncul kotak pesan jika nama bahan masih kosong	Data bahan tidak disim- pan pada tabel	Muncul kotak pesan jika nama bahan masih kosong dan data bahan tidak disim- pan pada tabel	Benar
		Isi nama bahan. Data protein, lemak, serat, atau karbo- hidrat diisi dengan data yang melebihi 100 Tekan tombol simpan	Nama bahan =" T. kerang", pro- tein= 450, le- mak= 26, serat= 12, karbo- hidrat =30, biaya= 6000	Muncul kotak pesan kesal- ahan peng- isian nilai protein, lemak, serat, atau karbo- hidrat	Data bahan tidak disim- pan pada tabel	Muncul kotak pesan kesal- ahan pen- isian nilai protein, lemak, serat, karbo- hidrat dan data bahan tidak disim- pan pada tabel	Benar

Tabel 5.3 Butir Uji Pengujian Data Bahan (Lanjutan)

Deskripsi	Pre-kon-disi	Prosedur Pengujian	Masu-kan	Keluaran yang Diharap-kan	Kriteria Evaluasi Hasil	Hasil	Kesim-pulan
	<i>Form</i> ubah data bahan	Kosong- kan data nama bahan Tekan tombol simpan	Nama bahan =” ”	Muncul kotak pesan jika nama bahan masih kosong	Data bahan tidak disim- pan pada tabel	Muncul kotak pesan jika nama bahan masih kosong dan data bahan tidak disimp- an pada tabel	Benar
		Ubah data protein, lemak, serat, atau karbo- hidrat melebihi nilai 100 atau nilai bukan angka Tekan tombol simpan	Nama bahan =” T. kerang”, pro- tein= bn50, le- mak= 260, serat= 12, karbo- hidrat =300, biaya= 6000	Muncul kotak pesan kesal- ahan peng- isian nilai protein, lemak, serat, atau karbohi- drat	Data bahan tidak disim- pan pada tabel	Muncul kotak pesan kesal- ahan peng- isian nilai protein, lemak, serat, karbo- hidrat dan data bahan tidak disimp- an pada tabel	Benar

Berdasarkan Tabel 5.3 tersebut dapat dijelaskan bahwa pengujian antarmuka (*interface*) dan fungsi-fungsi yang dilakukan ketika menekan tombol pada *form* data bahan memberikan hasil yang benar dengan menampilkan *form* tambah data bahan atau *form* ubah data bahan sesuai dengan prosedur pengujian yang terjadi. *Form* tambah data bahan ditampilkan dan dijadikan sebagai kriteria evaluasi hasil yang benar jika tombol tambah yang ada pada *form* data bahan ditekan, sedangkan *form* ubah data bahan ditampilkan apabila pengguna menekan tombol ubah yang terdapat pada *form* data bahan.

Pengujian akses basis data yang dilakukan ketika menekan tombol hapus pada *form* data bahan memberikan hasil yang benar dengan menampilkan pesan konfirmasi penghapusan, data bahan yang dipilih dari tabel moga_databahan dihapus ketika melakukan penekanan tombol yes pada kotak pesan konfirmasi penghapusan dan dijadikan sebagai kriteria evaluasi hasil yang benar, sedangkan penekanan tombol no tidak melakukan penghapusan data bahan.

Pengujian akses basis data dan pengujian kesalahan pengisian masukan (*input*) ketika tombol simpan pada *form* tambah data bahan atau *form* ubah data bahan ditekan memberikan hasil yang benar. Penyimpanan atau pengubahan data bahan yang telah dipilih pada tabel moga_databahan dilakukan jika masukan yang diberikan valid, sedangkan apabila masukan (*input*) yang diberikan tidak valid pesan kesalahan masukan (*input*) ditampilkan dan pengubahan atau penyimpanan data bahan pada tabel moga_databahan tidak terjadi, hal ini dijadikan sebagai kriteria evaluasi hasil yang benar.

5.2.3.3 *Form Data Ikan*

Butir uji yang dilakukan pada pengujian *form* data ikan adalah sebagai berikut :

Tabel 5.4 Butir Uji Pengujian Data Ikan

Deskripsi	Pre-kon-disi	Prosedur Pengujian	Masu-kan	Keluaran yang Diharap-kan	Kriteria Evaluasi Hasil	Hasil	Kesim-pulan
Pengujian tampilan dan fungsi-fungsi dilakukan dengan menekan tombol yang terdapat pada <i>form</i> data ikan	<i>Form</i> data ikan	Klik tombol tambah	Klik	Muncul <i>form</i> tambah data ikan yang terdiri dari tab komposisi optimum dan ketentuan tingkatan (aturan)	Apabila masukan benar akan muncul <i>form</i> tambah data ikan	Muncul <i>form</i> tambah data ikan	Benar
		Pilih data ikan yang akan diubah Klik tombol ubah	Klik	Muncul <i>form</i> ubah data ikan	Apabila masukan benar akan muncul <i>form</i> ubah data ikan	Muncul <i>form</i> ubah data ikan	Benar

Tabel 5.4 Butir Uji Pengujian Data Ikan (Lanjutan)

Deskripsi	Preko-ndisi	Prosedur Pengujian	Mas-ukan	Keluaran yang Diharap-kan	Kriteria Evaluasi Hasil	Hasil	Kesi-mpu-lan
Pengujian akses basis data dilakukan untuk memeriksa kebenaran penyimpanan data, pengubahan data, dan penghapusan data pada tabel moga_data-ikan dan moga_atu-ran		Pilih data ikan yang akan dihapus Klik tombol hapus	Klik	Muncul pesan konfir-masi pengha-pusan data ikan yang terdiri dari tombol yes dan no	Apabila menekan tombol yes, data ikan dan data aturan yang telah dipilih akan terhapus	Data ikan yang telah dipi-lih terha-pus	Benar
					Apabila menekan tombol no peng-hapusan data tidak dilakukan	Peng-hapusan data ikan tidak dila-kukan	Benar
	<i>Form</i> tambah data ikan	Kosong-kan nama bahan, Isi data protein, lemak, serat, karbo-hidrat, dan biaya Tekan tombol simpan	Nama bahan =” ”, pro-tein= 45, le-mak= 26, serat= 12, karbo-hidrat =30, biaya= 6000	Muncul kotak pesan jika nama bahan masih kosong	Data bahan tidak disim-pan pada tabel	Muncul kotak pesan jika nama bahan masih kosong dan data bahan tidak disimpan pada tabel	Benar

Tabel 5.4 Butir Uji Pengujian Data Ikan (Lanjutan)

Deskripsi	Pre-kon-disi	Prosedur Pengujian	Masukan	Keluaran yang Diharapkan	Kriteria Evaluasi Hasil	Hasil	Kesimpulan
	<i>Form</i> ubah data ikan	Ubah nama ikan, data protein, lemak, serat, karbohidrat untuk benih, dewasa, dan induk Ubah data ketentuan tingkatan Tekan tombol simpan	Nama ikan= "Lele", data benih: Protein =40-50 Ketentuan tingkatan: dewasa= 2 bulan	Muncul <i>form</i> data ikan	Apabila masukan benar data ikan dan data aturan yang diubah tersimpan pada tabel dengan benar	Data ikan dan data aturan yang diubah tersimpan dengan benar	Benar
Pengujian kesalahan pengisian masukan dilakukan dengan pengisian data diluar spesifikasi yang telah didefinisikan	<i>Form</i> tambah data ikan	Kosongkan nama ikan, isi protein, lemak, serat, karbohidrat data benih, dewasa, dan induk	Nama ikan =""", data benih: protein= 30-45, lemak= 20-26, serat= 10-12,	Muncul kotak pesan jika nama ikan masih kosong	Data ikan dan aturan tidak disimpan pada tabel	Muncul kotak pesan jika nama ikan masih kosong dan data ikan tidak tersimpan	Benar

Tabel 5.4 Butir Uji Pengujian Data Ikan (Lanjutan)

Deskripsi	Pre-kon-disi	Prosedur Pengujian	Masuk-an	Keluaran yang Diharap-kan	Kriteria Evaluasi Hasil	Hasil	Kesim-pulan
		Tekan tombol simpan	karbo-hidrat =10-30,			pada tabel	
		Isi nama ikan. ata protein, lemak, serat, atau karbo-hidrat diisi dengan data yang melebihi 100 Tekan tombol simpan	Nama ikan =”Lele” . Data benih: pro-tein= 30-145, le-mak= 20-126, serat= 10-112, karbo-hidrat =30-50.	Muncul kotak pesan kesal-ahan peng-isian nilai protein, lemak, serat, atau karbo-hidrat	Data ikan dan aturan tidak disim-pan pada tabel	Muncul kotak pesan kesal-ahan peng-isian nilai protein, lemak, serat, karbo-hidrat. Data ikan dan aturan tidak tersim-pan pada tabel	Benar
	<i>Form</i> ubah data ikan	Kosong-kan nama ikan, isi protein, lemak, serat, karbo-hidrat ata benih,de-wasa, dan induk	Nama ikan =” ”,	Muncul kotak pesan jika nama ikan masih kosong	Data ikan dan aturan tidak disim-pan pada tabel	Muncul kotak pesan jika na-ma ikan masih kosong dan ata ikan dan	Benar

Tabel 5.4 Butir Uji Pengujian Data Ikan (Lanjutan)

Deskripsi	Prekondisi	Prosedur Pengujian	Masukan	Keluaran yang Diharapkan	Kriteria Evaluasi Hasil	Hasil	Kesimpulan
		Tekan tombol simpan				aturan tidak tersimpan pada tabel	
		Isi nama ikan. Data protein, lemak, serat, atau karbohidrat diisi dengan data yang melebihi 100 Tekan tombol simpan	Nama ikan = "Lele" . Data benih: protein = 30-145, lemak = jds20-126, serat = 10-112, karbohidrat = 30-50.	Muncul kotak pesan kesalahan pengisian nilai protein, lemak, serat, atau karbohidrat	Data ikan dan aturan tidak disimpan pada tabel	Muncul kotak pesan kesalahan pengisian nilai protein, lemak, serat, karbohidrat. Data ikan dan aturan tidak tersimpan pada tabel	Benar

Berdasarkan Tabel 5.4 tersebut dapat dijelaskan bahwa pengujian antarmuka (*interface*) dan fungsi-fungsi yang dilakukan ketika menekan tombol pada *form* data ikan memberikan hasil yang benar dengan menampilkan *form* tambah data ikan atau *form* ubah data ikan sesuai dengan prosedur pengujian yang terjadi. *Form* tambah data ikan ditampilkan dan dijadikan sebagai kriteria evaluasi hasil yang benar jika tombol

tambah yang ada pada *form* data ikan ditekan, sedangkan *form* ubah data ikan ditampilkan apabila tombol ubah yang terdapat pada *form* data ikan ditekan.

Pengujian akses basis data yang dilakukan ketika menekan tombol hapus pada *form* data ikan memberikan hasil yang benar dengan menampilkan pesan konfirmasi penghapusan, data ikan yang dipilih dari tabel moga_dataikan beserta data aturan pada tabel moga_aturan dihapus ketika melakukan penekanan tombol yes pada kotak pesan konfirmasi penghapusan dan dijadikan sebagai kriteria evaluasi hasil yang benar, sedangkan penekanan tombol no tidak melakukan penghapusan data.

Pengujian akses basis data dan pengujian kesalahan pengisian masukan ketika tombol pada *form* data ikan ditekan dapat memberikan hasil yang benar. Penyimpanan atau pengubahan data ikan dan data aturan yang telah terpilih dilakukan jika masukan yang diberikan valid, sedangkan jika masukan yang diberikan tidak valid pesan kesalahan masukan akan ditampilkan dan pengubahan atau penyimpanan data pada tabel moga_dataikan dan moga_aturan tidak terjadi, hal ini dijadikan sebagai kriteria evaluasi hasil yang benar.

5.2.3.4 *Form* Proses Multi Obyektif

Butir uji pada pengujian *form* proses multi obyektif sebagai berikut :

Tabel 5.5 Butir Uji Pengujian Proses Multi Obyektif

Deskripsi	Prekondisi	Prosedur Pengujian	Masukan	Keluaran yang Diharapkan	Kriteria Evaluasi Hasil	Hasil	Kesimpulan
Pengujian tampilan dan fungsi-fungsi dilakukan dengan menekan tombol	<i>Form</i> proses multi obyektif	Tekan tombol mulai proses MOGA Tekan tombol hasil	Klik	Form hasil proses multi obyektif	Apabila masukan benar tampil <i>form</i> hasil proses multi obyektif	Tampil <i>form</i> hasil proses multi obyektif	Benar

Tabel 5.5 Butir Uji Pengujian Proses Multi Obyektif (Lanjutan)

Deskripsi	Pre-kon-disi	Prosedur Pengujian	Masuk-an	Kelua-ran yang Diharap-kan	Kriteria Evaluasi Hasil	Hasil	Kesim-pulan
pada <i>form</i> proses multi obyektif							
Pengujian kesalahan pengisian masukan dilakukan dengan pengisian data diluar spesifikasi yang telah didefinisikan.	<i>Form</i> proses multi obey-ktif	Pilih jenis ikan, isi data jumlah pakan, usia ikan, jumlah populasi, jumlah gen, jumlah generasi dengan nilai bukan angka. Isi data Pc Pm, dan Pe dengan nilai yang benar. Tekan tombol mulai proses MOGA	Jenis ikan="Lele", jumlah pakan="ds2", usia ikan="we", jumlah populasi =12, jumlah gen=" ", jumlah generasi ="23w", Pc=0.12, Pm=0.01, Pe =0.7.	Muncul kotak pesan kesalahan masukan nilai jumlah popu-lasi, gen, generasi, usia ikan, atau nilai jumlah pakan.	Muncul kotak pesan kesalahan masu-kan nilai jumlah popu-lasi, gen, generasi, usia ikan, atau nilai jumlah pakan. Proses moga batal dilaku-kan.	Muncul kotak pesan kesalahan masuk-an nilai jumlah populasi, gen, generasi, usia ikan, atau nilai jumlah pakan.	Benar

Tabel 5.5 Butir Uji Pengujian Proses Multi Obyektif (Lanjutan)

Deskripsi	Preko-ndisi	Prosedur Pengujian	Masuk-an	Keluaran yang Diharap-kan	Kriteria Evaluasi Hasil	Hasil	Kesim-pulan
		Pilih jenis ikan, isi data jumlah pakan, usia ikan, jumlah populasi, jumlah gen, jumlah generasi dengan nilai yang benar. Isi data Pc, Pm, dan Pe dengan nilai > 1 atau nilai bukan angka. Tekan tombol mulai proses MOGA	jenis ikan="Lele", jumlah pakan=12, usia ikan=12, jumlah populasi=12, jumlah gen=5, jumlah generasi=6, Pc="sd 0.12", Pm=12, Pe=1.001.	Muncul kotak pesan kesalahan masukan nilai Pc, Pm, dan Pe.	Muncul kotak pesan kesalahan masukan nilai Pc, Pm, dan Pe. Proses MOGA batal dilakukan.	Muncul Kotak Pesan Kesalahan masukan Nilai Pc, Pm, dan Pe.	Benar

Berdasarkan Tabel 5.5 tersebut dapat dijelaskan bahwa pengujian antarmuka (*interface*) dan fungsi-fungsi yang dilakukan ketika menekan tombol hasil pada *form* proses multi obyektif memberikan hasil yang benar dengan menampilkan *form* hasil proses multi obyektif sesuai dengan prosedur pengujian yang terjadi. Pengujian kesalahan pengisian masukan ketika tombol mulai pada *form* proses multi obyektif ditekan dapat memberikan hasil yang benar dengan menampilkan proses penghitungan pada komponen daftar (*list*) yang terdapat pada *form* proses multi obyektif jika

masukan yang diberikan valid, sedangkan jika masukan yang diberikan tidak valid pesan kesalahan masukan akan ditampilkan oleh aplikasi.

5.2.4 Pengujian Tingkat Keberhasilan Metode MOGA

Pengujian tingkat keberhasilan metode MOGA dilakukan untuk mengetahui persentase keberhasilan penerapan metode MOGA pada kasus optimasi komposisi bahan pakan dengan menggunakan beberapa identifikasi. Parameter jumlah generasi, jumlah gen, probabilitas penyilangan (P_c), dan probabilitas pilihan (P_e) yang digunakan pada setiap identifikasi adalah sama, yaitu:

1. Jumlah generasi = 5 generasi
2. Jumlah gen = 5 gen
3. *Elite probability* = 0.3

Rencana dan identifikasi pengujian tingkat keberhasilan penghitungan dilakukan untuk menghasilkan pakan ikan lele dan ikan patin siam sebanyak 6 kilogram pada fase dewasa.

5.2.4.1 Pengujian Tingkat Keberhasilan pada Kasus Ikan Lele Dewasa

Rencana pengujian tingkat keberhasilan yang dilakukan pada kasus ikan lele dewasa :

Tabel 5.6 Rencana Pengujian Tingkat Keberhasilan Penghitungan

Identifikasi	Kode	Jumlah Populasi	P_c	P_m
P1	MO_01	30	0.25	0.03
	MO_02	30	0.25	0.2
	MO_03	30	0.75	0.03
	MO_04	30	0.01	0.2
P2	MO_01	100	0.25	0.03
	MO_02	100	0.25	0.2
	MO_03	100	0.75	0.03
	MO_04	100	0.01	0.2
P3	MO_01	200	0.25	0.03
	MO_02	200	0.25	0.2
	MO_03	200	0.75	0.03
	MO_04	200	0.01	0.2

Tujuan rencana pengujian pada Tabel 5.6 tersebut yaitu menguji parameter yang berbeda untuk diterapkan pada kasus optimasi komposisi bahan pakan ikan lele dewasa sehingga dapat diketahui kinerja algoritma genetika multi obyektif dalam memecahkan masalah. Kode-kode pada setiap identifikasi mewakili parameter jumlah populasi, Pc, dan Pm yang bervariasi. Ketiga parameter tersebut merupakan satu kesatuan paket dan penggunaannya sangat sensitif dalam menentukan solusi. Penentuan ukuran populasi sebanyak 30 sampai 200 didasarkan pada rekomendasi ahli bahwa ukuran populasi sebaiknya tidak lebih kecil dari 30 untuk sembarang jenis permasalahan dan Pm biasanya ditentukan antara $1/NL$ sampai $1/L$, N merupakan jumlah populasi dan L adalah panjang gen.

Tabel 5.7 Pengujian pada Identifikasi P1

Kode	No	Nama Pengujian	Aktual	Hasil Aplikasi	Error (%)	Performansi (%)
MO_01	1	Protein	34-37	40.79	10.67	89.33
		Lemak	5 - 20	8.09	0	100
		Serat	4 - 8	5.96	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	12.70	0	100
	2	Protein	34-37	37.96	2.70	97.30
		Lemak	5 - 20	6.46	0	100
		Serat	4 - 8	3.39	10.16	89.84
		Karbohidrat	3 - 13	11.97	0	100
	3	Protein	34-37	33.33	1.88	98.12
		Lemak	5 - 20	6.12	0	100
		Serat	4 - 8	6.89	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	12.15	0	100
	4	Protein	34-37	34.62	0	100
		Lemak	5 - 20	14.62	0	100
		Serat	4 - 8	7.39	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	9.26	0	100
	5	Protein	34-37	33.60	1.12	98.88
		Lemak	5 - 20	5.40	0	100
		Serat	4 - 8	8.15	2.5	97.5
		Karbohidrat	3 - 13	7.38	0	100
MO_02	1	Protein	34-37	29.79	11.85	88.15
		Lemak	5 - 20	7.50	0	100
		Serat	4 - 8	6.26	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	12.52	0	100

Tabel 5.7 Pengujian pada Identifikasi P1 (Lanjutan)

Kode	No	Nama Pengujian	Aktual	Hasil Aplikasi	Error (%)	Performansi (%)
	2	Protein	34-37	30.87	8.81	91.19
		Lemak	5 - 20	6.88	0	100
		Serat	4 - 8	4.77	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	10.86	0	100
	3	Protein	34-37	36.79	0	100
		Lemak	5 - 20	5.95	0	100
		Serat	4 - 8	5.40	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	12.83	0	100
	4	Protein	34-37	34.34	0	100
		Lemak	5 - 20	8.85	0	100
		Serat	4 - 8	4.97	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	12.21	0	100
	5	Protein	34-37	35.96	0	100
		Lemak	5 - 20	10.87	0	100
		Serat	4 - 8	5.86	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	4.44	0	100
MO_03	1	Protein	34-37	34.94	0	100
		Lemak	5 - 20	9.52	0	100
		Serat	4 - 8	7.32	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	10.54	0	100
	2	Protein	34-37	36.62	0	100
		Lemak	5 - 20	12.60	0	100
		Serat	4 - 8	6.56	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	6.28	0	100
	3	Protein	34-37	36.69	0	100
		Lemak	5 - 20	11.87	0	100
		Serat	4 - 8	6.32	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	11.87	0	100
	4	Protein	34-37	36.27	0	100
		Lemak	5 - 20	12.53	0	100
		Serat	4 - 8	5.97	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	13.45	5.62	94.38
	5	Protein	34-37	35.95	0	100
		Lemak	5 - 20	7.87	0	100
		Serat	4 - 8	7.42	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	5.28	0	100
MO_04	1	Protein	34-37	35.98	0	100
		Lemak	5 - 20	17.46	0	100
		Serat	4 - 8	5.32	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	4.48	0	100

Tabel 5.7 Pengujian pada Identifikasi P1 (Lanjutan)

Kode	No	Nama Pengujian	Aktual	Hasil Aplikasi	Error (%)	Performansi (%)
	2	Protein	34-37	35.41	0	100
		Lemak	5 - 20	7.51	0	100
		Serat	4 - 8	7.67	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	12.29	0	100
	3	Protein	34-37	34.87	0	100
		Lemak	5 - 20	9.95	0	100
		Serat	4 - 8	4.04	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	7.34	0	100
	4	Protein	34-37	34.05	0	100
		Lemak	5 - 20	16.25	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	9.13	0	100
		Serat	4 - 8	6.44	0	100
	5	Protein	34-37	32.84	3.26	96.74
		Lemak	5 - 20	5.73	0	100
		Serat	4 - 8	6.48	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	7.61	0	100

Berdasarkan Tabel 5.7 tersebut dapat dijelaskan bahwa penggunaan parameter Pc 0.25 dan Pm 0.03 (MO_01) dengan ukuran populasi sebanyak 30 pada identifikasi P1 menghasilkan persentase kesalahan (*error*) tertinggi untuk protein yaitu senilai 10.67% (pengujian kesatu) dan performansi tertinggi senilai 100% dapat tercapai pada pengujian keempat, untuk serat persentase kesalahan (*error*) tertinggi senilai 10.16% dihasilkan pada pengujian kedua dan persentase kesalahan (*error*) terendah senilai 0% pada pengujian kesatu, ketiga, dan keempat. Penggunaan parameter MO_01 untuk lemak dan karbohidrat pada setiap pengujian menghasilkan persentase kesalahan (*error*) senilai 0%, artinya parameter MO_01 memberikan hasil komposisi bahan pakan yang baik untuk pemenuhan kebutuhan lemak dan kebutuhan karbohidrat dalam rentang optimalnya yaitu rentang 5% sampai 20% lemak dan rentang 3% sampai 13% karbohidrat bobot pakan.

Penggunaan parameter Pc 0.25 dan Pm 0.2 (MO_02) dengan ukuran populasi sebanyak 30 pada identifikasi P1 menghasilkan persentase kesalahan (*error*) tertinggi untuk protein yaitu senilai 11.85% (pengujian kesatu) dan performansi tertinggi senilai 100% tercapai pada pengujian ketiga, keempat, dan

kelima. Pada lemak, serat, dan karbohidrat penggunaan parameter MO_02 memperlihatkan persentase kesalahan 0% pada setiap pengujian.

Penggunaan parameter Pc 0.75 dan Pm 0.03 (MO_03) dengan ukuran populasi sebanyak 30 pada identifikasi P1 menghasilkan persentase kesalahan (*error*) senilai 0% untuk protein, lemak, dan serat pada setiap pengujian. Artinya parameter MO_03 memberikan hasil komposisi bahan pakan yang sangat baik bagi pemenuhan kebutuhan zat protein, lemak, dan serat yang optimal. Penggunaan parameter MO_03 karbohidrat pada pengujian keempat menghasilkan persentase kesalahan (*error*) tertinggi senilai 5.62%.

Penggunaan parameter Pc 0.01 dan Pm 0.2 (MO_04) dengan ukuran populasi sebanyak 30 pada identifikasi P1 menghasilkan persentase kesalahan (*error*) tertinggi untuk protein yaitu senilai 3.26% (pengujian kelima) dan persentase kesalahan (*error*) 0% dihasilkan pada pengujian kesatu, kedua, ketiga, dan keempat. Dengan demikian secara keseluruhan pada identifikasi P1, penggunaan parameter MO_04 memberikan hasil yang lebih baik jika dibandingkan dengan penggunaan parameter MO_01, MO_02, dan MO_03.

Tabel 5.8 Pengujian Efisiensi Biaya pada Identifikasi P1

Kode	No Pengujian	Aktual (Rp)	Hasil Aplikasi (Rp)	Efisiensi Biaya (Rp)	Waktu Proses
MO_01	1	48.000,00	79.560,00	(31.560,00)	1.248 ms
	2	48.000,00	46.440,00	1.560,00	1.233 ms
	3	48.000,00	21.000,00	27.000,00	1.154 ms
	4	48.000,00	101.640,00	(53.640,00)	0.983 ms
	5	48.000,00	35.400,00	12.600,00	1.264 ms
MO_02	1	48.000,00	36.960,00	11.040,00	1.451 ms
	2	48.000,00	59.640,00	(11.640,00)	0.967 ms
	3	48.000,00	83.400,00	(35.400,00)	1.186 ms
	4	48.000,00	106.440,00	(58.440,00)	0.858 ms
	5	48.000,00	78.120,00	(30.120,00)	1.841 ms
MO_03	1	48.000,00	27.120,00	20.880,00	2.246 ms
	2	48.000,00	126.240,00	(78.240,00)	1.887 ms
	3	48.000,00	87.480,00	(39.480,00)	2.698 ms
	4	48.000,00	29.940,00	18.060,00	1.357 ms
	5	48.000,00	95.760,00	(47.760,00)	1.748 ms
MO_04	1	48.000,00	21.300,00	26.700,00	1.233 ms

Tabel 5.8 Pengujian Efisiensi Biaya pada Identifikasi P1 (Lanjutan)

Kode	No Pengujian	Aktual (Rp)	Hasil Aplikasi (Rp)	Efisiensi Biaya (Rp)	Waktu Proses
	2	48.000,00	32.820,00	15.180,00	1.903 ms
	3	48.000,00	44.040,00	3.960,00	0.858 ms
	4	48.000,00	57.840,00	(9.840,00)	1.342 ms
	5	48.000,00	63.000,00	(15.000,00)	1.357 ms

Berdasarkan Tabel 5.8 tersebut dapat dijelaskan bahwa penggunaan parameter Pc 0.25 dan Pm 0.03 (MO_01) dengan ukuran populasi sebanyak 30 pada identifikasi P1 menghasilkan efisiensi biaya tertinggi pada pengujian ketiga yaitu senilai Rp. 27.000,00 dan efisiensi biaya terendah terjadi pada pengujian keempat yaitu senilai (Rp. 53.640,00), artinya untuk menghasilkan pakan sejumlah 6 kg pakan, komposisi yang dihasilkan menggunakan parameter MO_01 pada pengujian ketiga menghemat biaya senilai Rp. 27.000,00 dan pada pengujian keempat mengalami pemborosan senilai Rp. 53.640,00, tetapi pencapaian kebutuhan nutrisi optimal memiliki performansi 100% untuk setiap zat gizi. Penggunaan parameter Pc 0.25 dan Pm 0.2 (MO_02) pada identifikasi P1 dapat menghasilkan efisiensi biaya tertinggi pada pengujian kesatu yaitu senilai Rp. 11.040,00 dan pada pengujian keempat mengalami pemborosan tertinggi senilai Rp. 58.440,00. Penggunaan parameter Pc 0.75 dan Pm 0.03 (MO_03) pada identifikasi P1 menghasilkan efisiensi biaya tertinggi pada pengujian kesatu yaitu senilai Rp. 20.880,00 dan pemborosan tertinggi dihasilkan pada pengujian kedua senilai Rp. 78.240,00. Penggunaan parameter Pc 0.01 dan Pm 0.2 (MO_04) pada identifikasi P1 menghasilkan efisiensi biaya tertinggi pada pengujian kesatu yaitu senilai Rp. 26.700,00 dan pemborosan tertinggi dihasilkan pada pengujian kelima yaitu senilai Rp. 15.000,00.

Tabel 5.9 Pengujian pada Identifikasi P2

Kode	No	Nama Pengujian	Aktual	Hasil Aplikasi	Error (%)	Performansi (%)
MO_01	1	Protein	34-37	33.16	2.36	97.64
		Lemak	5 - 20	13.78	0	100
		Serat	4 - 8	5.04	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	6.82	0	100
	2	Protein	34-37	35.41	0	100

Tabel 5.9 Pengujian pada Identifikasi P2 (Lanjutan)

Kode	No	Nama Pengujian	Aktual	Hasil Aplikasi	Error (%)	Performansi (%)
		Lemak	5 - 20	5.06	0	100
		Serat	4 - 8	5.87	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	11.57	0	100
	3	Protein	34-37	36.29	0	100
		Lemak	5 - 20	8.86	0	100
		Serat	4 - 8	7.22	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	10.75	0	100
	4	Protein	34-37	35.77	0	100
		Lemak	5 - 20	4.81	1.52	98.48
		Serat	4 - 8	5.47	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	8.56	0	100
	5	Protein	34-37	37.49	1.38	98.62
		Lemak	5 - 20	9.13	0	100
		Serat	4 - 8	6.79	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	5.72	0	100
MO_02	1	Protein	34-37	34.79	0	100
		Lemak	5 - 20	9.81	0	100
		Serat	4 - 8	7.83	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	12.47	0	100
	2	Protein	34-37	36.39	0	100
		Lemak	5 - 20	10.66	0	100
		Serat	4 - 8	4.19	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	8.71	0	100
	3	Protein	34-37	36.49	0	100
		Lemak	5 - 20	5.28	0	100
		Serat	4 - 8	7.71	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	7.02	0	100
	4	Protein	34-37	33.98	0.05	99.95
		Lemak	5 - 20	9.15	0	100
		Serat	4 - 8	4.62	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	10.32	0	100
	5	Protein	34-37	36.35	0	100
		Lemak	5 - 20	12.20	0	100
		Serat	4 - 8	6.12	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	11.76	0	100
MO_03	1	Protein	34-37	34.91	0	100
		Lemak	5 - 20	12.37	0	100
		Serat	4 - 8	5.61	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	11.05	0	100
	2	Protein	34-37	35.69	0	100

Tabel 5.9 Pengujian pada Identifikasi P2 (Lanjutan)

Kode	No	Nama Pengujian	Aktual	Hasil Aplikasi	Error (%)	Performansi (%)
		Lemak	5 - 20	10.77	0	100
		Serat	4 - 8	8.13	2.16	97.84
		Karbohidrat	3 - 13	6.34	0	100
	3	Protein	34-37	37.87	2.45	97.55
		Lemak	5 - 20	11.83	0	100
		Serat	4 - 8	6.72	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	10.28	0	100
		Protein	34-37	37.36	1.01	98.99
		Lemak	5 - 20	8.68	0	100
		Serat	4 - 8	6.75	0	100
	4	Karbohidrat	3 - 13	13.02	2.5	97.5
		Protein	34-37	34.54	0	100
		Lemak	5 - 20	9.33	0	100
	5	Serat	4 - 8	4.88	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	6.28	0	100
		Protein	34-37	36.49	0	100
	MO_04	Lemak	5 - 20	14.28	0	100
		Serat	4 - 8	6.65	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	11.35	0	100

Berdasarkan Tabel 5.9 tersebut dapat dijelaskan bahwa penggunaan parameter Pc 0.25 dan Pm 0.03 (MO_01) dengan ukuran populasi sebanyak 100 pada identifikasi P2 menghasilkan persentase kesalahan tertinggi untuk protein yaitu senilai 2.36% (pengujian kesatu) dan performansi tertinggi senilai 100% dapat tercapai pada pengujian kedua, ketiga, dan keempat. Pada lemak persentase kesalahan (*error*) tertinggi yaitu senilai 1.52% dihasilkan pada pengujian keempat dan persentase kesalahan (*error*) terendah senilai 0% (performansi 100%) dihasilkan pada pengujian kesatu, ketiga, dan kelima, sedangkan penggunaan parameter MO_01 untuk serat dan karbohidrat pada setiap pengujian menghasilkan persentase kesalahan senilai 0%, artinya parameter MO_01 memberikan hasil komposisi bahan pakan yang baik bagi pemenuhan kebutuhan serat dan kebutuhan karbohidrat dalam rentang optimalnya yaitu pada rentang 4% sampai 8% lemak dan rentang 3% sampai 13% karbohidrat (dari bobot pakan). Pencapaian kebutuhan nutrisi optimal yang dihasilkan pada pengujian kedua dan ketiga memiliki performansi 100% untuk setiap zat gizi.

Penggunaan parameter Pc 0.25 dan Pm 0.2 (MO_02) dengan ukuran populasi sebanyak 100 pada identifikasi P2 memperlihatkan persentase kesalahan 0.05% untuk protein pada pengujian keempat dan persentase kesalahan (*error*) terendah senilai 0% dihasilkan pada pengujian kesatu, kedua, ketiga, dan kelima. Penggunaan parameter MO_02 untuk lemak, serat, dan karbohidrat pada setiap pengujian menghasilkan persentase kesalahan (*error*) senilai 0%.

Penggunaan parameter Pc 0.75 dan Pm 0.03 (MO_03) dengan ukuran populasi sebanyak 100 pada identifikasi P2 pengujian ketiga menghasilkan persentase kesalahan (*error*) tertinggi untuk protein yaitu 2.45%, pada serat persentase kesalahan (*error*) tertinggi senilai 2.16% dihasilkan pada pengujian kedua, untuk karbohidrat persentase kesalahan (*error*) tertinggi yaitu 2.5%.

Penggunaan parameter Pc 0.25 dan Pm 0.2 (MO_04) dengan ukuran populasi sebanyak 100 pada identifikasi P2 memperlihatkan persentase kesalahan 0% untuk protein, lemak, serat, dan karbohidrat pada setiap pengujian yang terjadi. Artinya parameter MO_04 memberikan hasil komposisi bahan pakan yang

sangat baik bagi pemenuhan kebutuhan nutrisi yang optimal. Dengan demikian secara keseluruhan pada identifikasi P2, setiap parameter menghasilkan tingkat efisiensi biaya yang rendah dan penggunaan parameter MO_04 dapat menghasilkan performansi tertinggi senilai 100% dalam pencapaian kebutuhan nutrisi optimal.

Tabel 5.10 Pengujian Efisiensi Biaya pada Identifikasi P2

Kode	No Pengujian	Aktual (Rp)	Hasil Aplikasi (Rp)	Efisiensi Biaya (Rp)	Waktu Proses
MO_01	1	48.000,00	67.320,00	(19.320,00)	13.368 ms
	2	48.000,00	64.200,00	(16.200,00)	10.292 ms
	3	48.000,00	22.620,00	25.380,00	13.402 ms
	4	48.000,00	77.040,00	(29.040,00)	11.393 ms
	5	48.000,00	36.360,00	11.640,00	14.145 ms
MO_02	1	48.000,00	32.040,00	15.960,00	11.17 ms
	2	48.000,00	27.660,00	20.340,00	9.297 ms
	3	48.000,00	10.4880,00	(56.880,00)	10.407 ms
	4	48.000,00	36.960,00	11.040,00	10.655 ms
	5	48.000,00	76.800,00	(28.800,00)	9.485 ms
MO_03	1	48.000,00	24.540,00	23.460,00	9.188 ms
	2	48.000,00	89.040,00	(41.040,00)	12.683 ms
	3	48.000,00	35.400,00	12.600,00	7.005 ms
	4	48.000,00	11.4240,00	(66.240,00)	9.796 ms
	5	48.000,00	25.680,00	22.320,00	8.892 ms
MO_04	1	48.000,00	14.3640,00	(95.640,00)	9.953 ms
	2	48.000,00	31.740,00	16.260,00	7.738 ms
	3	48.000,00	69.600,00	(21.600,00)	10.265 ms
	4	48.000,00	32.940,00	15.060,00	7.519 ms
	5	48.000,00	86.400,00	(38.400,00)	6.927 ms

Berdasarkan Tabel 5.10 tersebut dapat dijelaskan bahwa penggunaan parameter Pc 0.25 dan Pm 0.03 (MO_01) dengan ukuran populasi sebanyak 100 pada identifikasi P2 menghasilkan efisiensi biaya tertinggi pada pengujian ketiga senilai Rp. 25.380,00 dan efisiensi biaya terendah terjadi pada pengujian keempat yaitu senilai (Rp. 29.040,00), artinya untuk menghasilkan pakan sejumlah 6 kg pakan, komposisi yang dihasilkan menggunakan parameter MO_01 pada pengujian ketiga dapat menghemat biaya senilai Rp. 25.380,00 dan pada pengujian keempat mengalami pemborosan senilai Rp. 29.040,00. Penggunaan

parameter MO_02 pada identifikasi P2 dapat menghasilkan efisiensi biaya tertinggi pada pengujian kedua yaitu senilai Rp. 20.340,00 dan pada pengujian ketiga mengalami pemborosan tertinggi senilai Rp 56.880,00. Penggunaan parameter Pc 0.75 dan Pm 0.03 (MO_03) pada identifikasi P2 menghasilkan efisiensi biaya tertinggi pada pengujian kesatu yaitu senilai Rp. 23.460,00. Penggunaan parameter Pc 0.01 dan Pm 0.2 (MO_04) pada identifikasi P2 dapat menghasilkan efisiensi biaya tertinggi pada pengujian kedua yaitu senilai Rp. 16.260,00 dan pada pengujian kesatu mengalami pemborosan tertinggi senilai Rp. 95.640,00.

Tabel 5.11 Pengujian pada Identifikasi P3

Kode	No	Pengujian	Aktual	Hasil Aplikasi	Error (%)	Performansi (%)
MO_01	1	Protein	34-37	35.67	0	100
		Lemak	5 - 20	9.11	0	100
		Serat	4 - 8	7.87	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	11.67	0	100
	2	Protein	34-37	34.23	0	100
		Lemak	5 - 20	5.40	0	100
		Serat	4 - 8	6.52	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	11.39	0	100
	3	Protein	34-37	34.36	0	100
		Lemak	5 - 20	11.03	0	100
		Serat	4 - 8	6.44	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	3.81	0	100
	4	Protein	34-37	35.83	0	100
		Lemak	5 - 20	8.77	0	100
		Serat	4 - 8	6.50	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	11.62	0	100
	5	Protein	34-37	35.25	0	100
		Lemak	5 - 20	10.31	0	100
		Serat	4 - 8	5.14	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	11.06	0	100
MO_02	1	Protein	34-37	35.02	0	100
		Lemak	5 - 20	9.22	0	100
		Serat	4 - 8	6.49	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	7.79	0	100
	2	Protein	34-37	36.94	0	100
		Lemak	5 - 20	6.44	0	100
		Serat	4 - 8	4.13	0	100

Tabel 5.11 Pengujian pada Identifikasi P3 (Lanjutan)

Kode	No	Pengujian	Aktual	Hasil Aplikasi	Error (%)	Performansi (%)
MO_03	3	Karbohidrat	3 - 13	10.05	0	100
		Protein	34-37	34.59	0	100
		Lemak	5 - 20	9.29	0	100
		Serat	4 - 8	4.83	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	11.67	0	100
	4	Protein	34-37	36.16	0	100
		Lemak	5 - 20	11.60	0	100
		Serat	4 - 8	4.31	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	7.82	0	100
	5	Protein	34-37	34	0	100
		Lemak	5 - 20	8.28	0	100
		Serat	4 - 8	4.93	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	7.39	0	100
	1	Protein	34-37	35.81	0	100
		Lemak	5 - 20	9.93	0	100
		Serat	4 - 8	6.53	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	12.53	0	100
	2	Protein	34-37	35.68	0	100
		Lemak	5 - 20	11.59	0	100
		Serat	4 - 8	7.72	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	10.23	0	100
	3	Protein	34-37	34.92	0	100
		Lemak	5 - 20	8.98	0	100
		Serat	4 - 8	5.24	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	3.79	0	100
	4	Protein	34-37	35.12	0	100
		Lemak	5 - 20	7.79	0	100
		Serat	4 - 8	6.24	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	6.84	0	100
	5	Protein	34-37	34.99	0	100
		Lemak	5 - 20	5.44	0	100
		Serat	4 - 8	7.05	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	11.25	0	100
MO_04	1	Protein	34-37	35.38	0	100
		Lemak	5 - 20	12.34	0	100
		Serat	4 - 8	5.33	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	12.35	0	100
	2	Protein	34-37	35.06	0	100
		Lemak	5 - 20	6.27	0	100
		Serat	4 - 8	4.66	0	100

Tabel 5.11 Pengujian pada Identifikasi P3 (Lanjutan)

Kode	No	Pengujian	Aktual	Hasil Aplikasi	Error (%)	Performansi (%)
	3	Karbohidrat	3 - 13	12.72	0	100
		Protein	34-37	35.92	0	100
		Lemak	5 - 20	8.50	0	100
		Serat	4 - 8	6.12	0	100
	4	Karbohidrat	3 - 13	7.03	0	100
		Protein	34-37	34.45	0	100
		Lemak	5 - 20	5.41	0	100
		Serat	4 - 8	5.73	0	100
	5	Karbohidrat	3 - 13	7.19	0	100
		Protein	34-37	34.91	0	100
		Lemak	5 - 20	12.37	0	100
		Serat	4 - 8	5.61	0	100
		Karbohidrat	3 - 13	11.05	0	100
		Protein	34-37	34.91	0	100
		Lemak	5 - 20	12.37	0	100
		Serat	4 - 8	5.61	0	100

Berdasarkan Tabel 5.11 tersebut dapat dijelaskan bahwa penggunaan parameter Pc 0.25 dan Pm 0.03 (MO_01) dengan ukuran populasi sebanyak 200 pada identifikasi P3 memperlihatkan persentase kesalahan 0% untuk protein, lemak, serat, dan karbohidrat pada setiap pengujian yang terjadi. Artinya parameter MO_01 memberikan hasil komposisi bahan pakan yang sangat baik bagi pemenuhan kebutuhan nutrisi optimal. Penggunaan parameter Pc 0.25 dan Pm 0.2 (MO_02) dengan ukuran populasi sebanyak 200 pada identifikasi P3 menghasilkan persentase kesalahan 0% untuk protein, lemak, serat, dan karbohidrat pada setiap pengujian.

Penggunaan parameter Pc 0.75 dan Pm 0.03 (MO_03) dengan ukuran populasi sebanyak 200 pada identifikasi P3 menghasilkan persentase kesalahan (*error*) senilai 0% untuk protein, lemak, dan serat pada setiap pengujian. Artinya parameter MO_03 memberikan hasil komposisi bahan pakan yang sangat baik untuk kebutuhan zat protein, lemak, serat dan karbohidrat yang optimal.

Penggunaan parameter Pc 0.01 dan Pm 0.2 (MO_04) dengan ukuran populasi sebanyak 200 pada identifikasi P3 menghasilkan persentase kesalahan (*error*) senilai 0% untuk protein, lemak, dan serat pada setiap pengujian. Artinya parameter MO_04 memberikan hasil komposisi bahan pakan yang sangat baik

untuk memenuhi kebutuhan zat protein, lemak, serat dan karbohidrat yang optimal.

Tabel 5.12 Pengujian Efisiensi Biaya pada Identifikasi P3

Kode	No Pengujian	Aktual (Rp)	Hasil Aplikasi (Rp)	Efisiensi Biaya (Rp)	Waktu Proses
MO_01	1	48.000,00	31.200,00	16.800,00	17.847 ms
	2	48.000,00	25.380,00	22.620,00	13.187 ms
	3	48.000,00	89.520,00	(41.520,00)	13.089 ms
	4	48.000,00	49.440,00	(1.440,00)	13.198 ms
	5	48.000,00	43.440,00	4.560,00	12.901 ms
MO_02	1	48.000,00	18.840,00	29.160,00	17.113 ms
	2	48.000,00	85.680,00	(37.680,00)	13.962 ms
	3	48.000,00	20.040,00	27.960,00	12.604 ms
	4	48.000,00	74.640,00	(26.640,00)	8.533 ms
	5	48.000,00	63.480,00	(15.480,00)	18.065 ms
MO_03	1	48.000,00	23.700,00	24.300,00	15.132 ms
	2	48.000,00	27.900,00	20.100,00	8.767 ms
	3	48.000,00	32.830,00	15.170,00	7.785 ms
	4	48.000,00	31.680,00	16.320,00	10.327 ms
	5	48.000,00	29.400,00	18.600,00	12.355 ms
MO_04	1	48.000,00	25.740,00	22.260,00	21.357 ms
	2	48.000,00	28.800,00	19.200,00	13.603 ms
	3	48.000,00	23.220,00	24.780,00	22.792 ms
	4	48.000,00	26.040,00	21.960,00	21.247 ms
	5	48.000,00	24.540,00	23.460,00	18.533 ms

Berdasarkan Tabel 5.12 tersebut dapat dijelaskan bahwa penggunaan parameter Pc 0.25 dan Pm 0.03 (MO_01) pada identifikasi P3 menghasilkan efisiensi biaya tertinggi pada pengujian kedua yaitu senilai Rp. 22.620,00 dan efisiensi biaya terendah terjadi pada pengujian ketiga yaitu senilai (Rp. 41.520,00), artinya untuk menghasilkan pakan sejumlah 6 kg pakan, komposisi yang dihasilkan menggunakan parameter MO_01 pada pengujian kedua menghemat biaya senilai Rp. 22.620,00 dan pada pengujian ketiga mengalami pemborosan senilai Rp. 41.520,00.

Penggunaan parameter Pc 0.25 dan Pm 0.2 (MO_02) pada identifikasi P3 dapat menghasilkan efisiensi biaya tertinggi pada pengujian kesatu yaitu senilai Rp. 29.160,00 dan pada pengujian kedua mengalami pemborosan tertinggi senilai Rp. 37.680,00. Penggunaan parameter Pc 0.75 dan Pm 0.03 (MO_03) pada

identifikasi P3 menghasilkan efisiensi biaya tertinggi pada pengujian kesatu yaitu senilai Rp. 24.300,00. Penggunaan parameter Pc 0.01 dan Pm 0.2 (MO_04) pada identifikasi P3 menghasilkan efisiensi biaya tertinggi pada pengujian ketiga senilai Rp. 24.780,00.

Tabel 5.13 Rata-Rata Kesalahan dan Performansi Identifikasi P1

Kode	Pengujian			Rata-rata Efisiensi Biaya
	Nama	Rata-rata <i>Error</i> (%)	Performansi	
MO_01	Protein	3.27	96.72 %	(Rp. 8.808,00)
	Lemak	0	100 %	
	Serat	2.53	97.47 %	
	Karbohidrat	0	100 %	
MO_02	Protein	4.13	95.87 %	(Rp. 24.912,00)
	Lemak	0	100 %	
	Serat	0	100 %	
	Karbohidrat	0	100 %	
MO_03	Protein	0	100 %	(Rp. 25.308,00)
	Lemak	0	100 %	
	Serat	0	100 %	
	Karbohidrat	1.12	98.88 %	
MO_04	Protein	0.65	99.35 %	Rp. 4.200,00
	Lemak	0	100 %	
	Serat	0	100 %	
	Karbohidrat	0	100 %	

Berdasarkan Tabel 5.13 tersebut dapat dijelaskan bahwa identifikasi P1 secara keseluruhan menghasilkan rata-rata kesalahan (*error*) tertinggi untuk protein yaitu senilai 4.13% menggunakan parameter Pc 0.25 dan Pm 0.2 (MO_02), rata-rata kesalahan (*error*) untuk serat senilai 2.53% menggunakan parameter Pc 0.25 dan Pm 0.03 (MO_01), dan rata-rata kesalahan (*error*) karbohidrat yaitu 1.12% menggunakan parameter Pc 0.75 dan Pm 0.03 (MO_03), sedangkan tingkat efisiensi biaya tertinggi yaitu senilai Rp. 4.200,00 dihasilkan menggunakan parameter Pc 0.01 dan Pm 0.2 (MO_04).

Tabel 5.14 Rata-Rata Kesalahan dan Performansi Identifikasi P2

Kode	Pengujian			Rata-rata Efisiensi Biaya
	Nama	<i>Rata-rata Error (%)</i>	Performansi	
MO_01	Protein	0.74	99.26 %	(Rp. 5.508,00)
	Lemak	0.30	99.70 %	
	Serat	0	100 %	
	Karbohidrat	0	100 %	
MO_02	Protein	0.01	99.99 %	(Rp. 7.668,00)
	Lemak	0	100 %	
	Serat	0	100 %	
	Karbohidrat	0	100 %	
MO_03	Protein	1.73	98.27 %	(Rp. 9.780,00)
	Lemak	0	100 %	
	Serat	0.43	99.57 %	
	Karbohidrat	2.5	97.5 %	
MO_04	Protein	0	100 %	(Rp. 24.864,00)
	Lemak	0	100 %	
	Serat	0	100 %	
	Karbohidrat	0	100 %	

Berdasarkan Tabel 5.14 tersebut dapat dijelaskan bahwa setiap parameter yang digunakan pada identifikasi P2 secara keseluruhan menghasilkan tingkat efisiensi biaya yang rendah, sedangkan rata-rata kesalahan (*error*) tertinggi untuk protein yaitu senilai 1.73% dihasilkan menggunakan parameter Pc 0.75 dan Pm 0.03 (MO_03), rata-rata kesalahan (*error*) untuk lemak senilai 0.30% menggunakan parameter Pc 0.25 dan Pm 0.03 (MO_01), rata-rata kesalahan (*error*) untuk serat senilai 0.43% dan karbohidrat senilai 2.5% menggunakan parameter Pc 0.75 dan Pm 0.03 (MO_03).

Tabel 5.15 Rata-Rata Kesalahan dan Performansi Identifikasi P3

Kode	Pengujian	<i>Rata-rata Error (%)</i>	Performansi	Rata-rata Efisiensi
MO_01	Protein	0	100 %	Rp. 204,00
	Lemak	0	100 %	
	Serat	0	100 %	
	Karbohidrat	0	100 %	
MO_02	Protein	0	100 %	(Rp. 4.536,00)
	Lemak	0	100 %	

Tabel 5.15 Rata-Rata Kesalahan dan Performansi Identifikasi P3 (Lanjutan)

Kode	Pengujian	Rata-rata <i>Error</i> (%)	Performansi	Rata-rata Efisiensi
MO_03	Serat	0	100 %	Rp. 18.898,00
	Karbohidrat	0	100 %	
	Protein	0	100 %	
	Lemak	0	100 %	
	Serat	0	100 %	
	Karbohidrat	0	100 %	
MO_04	Protein	0	100 %	Rp. 22.332,00
	Lemak	0	100 %	
	Serat	0	100 %	
	Karbohidrat	0	100 %	

Berdasarkan Tabel 5.15 tersebut dapat dijelaskan bahwa secara keseluruhan penggunaan identifikasi P3 pada setiap parameter dapat menghasilkan rata-rata kesalahan (*error*) senilai 0%, artinya penggunaan identifikasi P3 pada setiap parameter memberikan hasil komposisi bahan pakan yang sangat baik dalam pencapaian kebutuhan nutrisi optimal jika dibandingkan dengan identifikasi P1 dan P2, sedangkan penggunaan parameter MO_03 dan MO_04 pada identifikasi P3 dapat menghasilkan rata-rata efisiensi biaya tertinggi yaitu senilai Rp. 18.898,00 dan Rp. 22.332,00.

5.2.4.2 Pengujian Tingkat Keberhasilan pada Kasus Ikan Patin Siam Dewasa

Rencana pengujian tingkat keberhasilan pada kasus pada ikan patin siam dewasa :

Tabel 5.16 Rencana Pengujian Tingkat Keberhasilan Penghitungan pada Ikan Patin

Identifikasi	Kode	Jumlah Populasi	Pc	Pm
P3	MO_01	200	0.25	0.03
	MO_02	200	0.25	0.2
	MO_03	200	0.75	0.03
	MO_04	200	0.01	0.2

Tujuan rencana pengujian pada Tabel 5.16 tersebut yaitu menguji parameter yang berbeda untuk diterapkan pada kasus optimasi komposisi bahan pakan ikan patin siam sehingga dapat diketahui kinerja algoritma genetika multi obyektif dalam menyelesaikan masalah. Kode-kode pada setiap

identifikasi mewakili parameter jumlah populasi, P_c , dan P_m yang bervariasi. Ketiga parameter tersebut merupakan satu kesatuan paket dan penggunaannya sangat sensitif dalam menentukan solusi.

Tabel 5.17 Pengujian pada Identifikasi P3 Ikan Patin

Kode	No	Pengujian	Aktual	Hasil Aplikasi	Error (%)	Performansi (%)
MO_01	1	Protein	25-30	27.50	0	100
		Lemak	12-18	14.63	0	100
		Serat	4 - 8	6.18	0	100
		Karbohidrat	3 - 10	6.37	0	100
	2	Protein	25-30	30.87	3.16	96.84
		Lemak	12-18	12.07	0	100
		Serat	4 - 8	7.93	0	100
		Karbohidrat	3 - 10	7.88	0	100
	3	Protein	25-30	24.01	3.60	96.40
		Lemak	12-18	12.43	0	100
		Serat	4 - 8	5.23	0	100
		Karbohidrat	3 - 10	8.66	0	100
	4	Protein	25-30	29.76	0	100
		Lemak	12-18	13.88	0	100
		Serat	4 - 8	5.96	0	100
		Karbohidrat	3 - 10	7.82	0	100
	5	Protein	25-30	28.52	0	100
		Lemak	12-18	17.26	0	100
		Serat	4 - 8	7.90	0	100
		Karbohidrat	3 - 10	7.81	0	100
MO_02	1	Protein	25-30	27.86	0	100
		Lemak	12-18	14.87	0	100
		Serat	4 - 8	7.11	0	100
		Karbohidrat	3 - 10	9.64	0	100
	2	Protein	25-30	30.33	1.20	98.80
		Lemak	12-18	11.35	5.41	94.59
		Serat	4 - 8	5.19	0	100
		Karbohidrat	3 - 10	9.42	0	100
	3	Protein	25-30	31.45	5.27	94.73
		Lemak	12-18	14.00	0	100
		Serat	4 - 8	7.46	0	100
		Karbohidrat	3 - 10	8.67	0	100
	4	Protein	25-30	27.63	0	100
		Lemak	12-18	14.36	0	100
		Serat	4 - 8	8.16	2.66	97.34
		Karbohidrat	3 - 10	7.47	0	100

Tabel 5.17 Pengujian pada Identifikasi P3 Ikan Patin (Lanjutan)

Kode	No	Pengujian	Aktual	Hasil Aplikasi	Error (%)	Performansi (%)
MO_03	5	Protein	25-30	30.65	2.36	97.64
		Lemak	12-18	14.11	0	100
		Serat	4 - 8	5.49	0	100
		Karbohidrat	3 - 10	6.72	0	100
	1	Protein	25-30	30.33	1.20	98.80
		Lemak	12-18	14.93	0	100
		Serat	4 - 8	5.22	0	100
		Karbohidrat	3 - 10	4.12	0	100
	2	Protein	25-30	29.73	0	100
		Lemak	12-18	14.05	0	100
		Serat	4 - 8	4.62	0	100
		Karbohidrat	3 - 10	7.28	0	100
	3	Protein	25-30	22.47	9.20	90.80
		Lemak	12-18	13.20	0	100
		Serat	4 - 8	4.04	0	100
		Karbohidrat	3 - 10	6.82	0	100
	4	Protein	25-30	28.10	0	100
		Lemak	12-18	14.74	0	100
		Serat	4 - 8	5.98	0	100
		Karbohidrat	3 - 10	8.47	0	100
	5	Protein	25-30	29.81	0	100
		Lemak	12-18	16.14	0	100
		Serat	4 - 8	7.09	0	100
		Karbohidrat	3 - 10	7.96	0	100
MO_04	1	Protein	25-30	27.66	0	100
		Lemak	12-18	16.44	0	100
		Serat	4 - 8	6.56	0	100
		Karbohidrat	3 - 10	7.98	0	100
	2	Protein	25-30	26.89	0	100
		Lemak	12-18	15.97	0	100
		Serat	4 - 8	5.14	0	100
		Karbohidrat	3 - 10	8.68	0	100
	3	Protein	25-30	28.15	0	100
		Lemak	12-18	10.20	0	100
		Serat	4 - 8	7.41	0	100
		Karbohidrat	3 - 10	6.33	0	100
	4	Protein	25-30	29.72	0	100
		Lemak	12-18	12.18	0	100
		Serat	4 - 8	8.00	0	100
		Karbohidrat	3 - 10	6.97	0	100
	5	Protein	25-30	26.37	0	100

Tabel 5.17 Pengujian pada Identifikasi P3 Ikan Patin (Lanjutan)

Kode	No	Pengujian	Aktual	Hasil Aplikasi	Error (%)	Performansi (%)
		Lemak	12-18	17.07	0	100
		Serat	4 - 8	5.78	0	100
		Karbohidrat	3 - 10	9.38	0	100

Berdasarkan Tabel 5.17 tersebut dapat dijelaskan bahwa penggunaan parameter Pc 0.25 dan Pm 0.03 (MO_01) dengan ukuran populasi sebanyak 200 pada identifikasi P3 memperlihatkan persentase kesalahan 0% untuk protein, lemak, serat, dan karbohidrat pada pengujian pertama, keempat dan kelima. Persentase kesalahan (*error*) tertinggi untuk pemenuhan protein menggunakan parameter MO_01 terjadi pada pengujian ketiga yaitu senilai 3.60%.

Penggunaan parameter MO_02 pada identifikasi P3 menghasilkan persentase kesalahan 0% untuk protein, lemak, serat, dan karbohidrat pada setiap pengujian pertama, sedangkan persentase kesalahan (*error*) tertinggi untuk protein senilai 5.27% terjadi pada pengujian ketiga, persentase kesalahan (*error*) untuk lemak senilai 5.41% terjadi pada pengujian kedua, dan persentase kesalahan (*error*) untuk serat senilai 2.66% terjadi pada pengujian keempat.

Penggunaan parameter Pc 0.75 dan Pm 0.03 (MO_03) pada identifikasi P3 menghasilkan persentase kesalahan (*error*) senilai 0% untuk lemak, serat, dan karbohidrat pada setiap pengujian. Artinya parameter MO_03 memberikan hasil komposisi bahan pakan yang sangat baik untuk pemenuhan kebutuhan zat untuk lemak, serat dan karbohidrat yang optimal, sedangkan untuk protein penggunaan parameter MO_03 menghasilkan persentase kesalahan (*error*) tertinggi senilai 9.20% pada pengujian ketiga.

Penggunaan parameter Pc 0.01 dan Pm 0.2 (MO_04) pada identifikasi P3 menghasilkan persentase kesalahan (*error*) senilai 0% untuk protein, lemak, dan serat pada setiap pengujian. Artinya parameter MO_04 memberikan hasil komposisi bahan pakan yang sangat baik bagi pemenuhan kebutuhan zat protein, lemak, serat dan karbohidrat yang optimal.

Tabel 5.18 Pengujian Efisiensi Biaya pada Identifikasi P3 (Ikan Patin)

Kode	No Pengujian	Aktual (Rp)	Hasil Aplikasi (Rp)	Efisiensi Biaya (Rp)	Waktu Proses
MO_01	1	48.000,00	28.680,00	19.320,00	38.847 ms
	2	48.000,00	37.680,00	10.320,00	23.957 ms
	3	48.000,00	30.480,00	17.520,00	31.898 ms
	4	48.000,00	23.880,00	24.120,00	34.214 ms
	5	48.000,00	19.800,00	28.200,00	25.896 ms
MO_02	1	48.000,00	27.480,00	20.520,00	22.430 ms
	2	48.000,00	60.000,00	(12.000,00)	38.057 ms
	3	48.000,00	21.300,00	26.700,00	20.004 ms
	4	48.000,00	62.400,00	(14.400,00)	31.982 ms
	5	48.000,00	39.000,00	9.000,00	24.505 ms
MO_03	1	48.000,00	35.040,00	12.960,00	39.694 ms
	2	48.000,00	21.840,00	26.160,00	21.835 ms
	3	48.000,00	27.240,00	20.760,00	28.245 ms
	4	48.000,00	26.400,00	21.600,00	14.975 ms
	5	48.000,00	26.880,00	21.120,00	27.130 ms
MO_04	1	48.000,00	63.240,00	(15.240,00)	17.301 ms
	2	48.000,00	67.080,00	(19.080,00)	32.000 ms
	3	48.000,00	60.840,00	(12.840,00)	20.863 ms
	4	48.000,00	22.800,00	25.200,00	27.806 ms
	5	48.000,00	25.440,00	22.560,00	29.339 ms

Berdasarkan Tabel 5.18 tersebut dapat dijelaskan bahwa penggunaan parameter Pc 0.25 dan Pm 0.03 (MO_01) pada identifikasi P3 menghasilkan efisiensi biaya tertinggi pada pengujian kelima yaitu senilai Rp. 28.200,00 dan efisiensi biaya terendah terjadi pada pengujian kedua yaitu senilai Rp. 10.320,00, artinya untuk menghasilkan pakan sejumlah 6 kg pakan, komposisi yang dihasilkan menggunakan parameter MO_01 pada pengujian kelima dapat menghemat biaya senilai Rp. 28.200,00 dan pada pengujian kedua dapat menghemat biaya senilai Rp.10.320,00.

Penggunaan parameter Pc 0.25 dan Pm 0.2 (MO_02) pada identifikasi P3 dapat menghasilkan efisiensi biaya tertinggi pada pengujian ketiga yaitu senilai Rp. 26.700,00 dan pada pengujian keempat mengalami pemborosan tertinggi senilai Rp. 14.400,00. Penggunaan parameter Pc 0.75 dan Pm 0.03 (MO_03) pada identifikasi P3 menghasilkan efisiensi biaya tertinggi pada pengujian kedua yaitu senilai Rp. 26.160,00. Penggunaan parameter Pc 0.01 dan Pm 0.2 (MO_04) pada

identifikasi P3 dapat menghasilkan efisiensi biaya tertinggi pada pengujian keempat yaitu senilai Rp. 25.200,00 dan mengalami pemborosan senilai Rp. 19.080,00.

Tabel 5.19 Rata-Rata Kesalahan dan Performansi Identifikasi P3 (Ikan Patin)

Kode	Pengujian	Rata-rata <i>Error</i> (%)	Performansi	Rata-rata Efisiensi
MO_01	Protein	1.35	98.65 %	Rp. 19.896,00
	Lemak	0	100 %	
	Serat	0	100 %	
	Karbohidrat	0	100 %	
MO_02	Protein	1.76	98.24 %	Rp. 5.964,00
	Lemak	1.08	98.92 %	
	Serat	0.53	99.47 %	
	Karbohidrat	0	100 %	
MO_03	Protein	2.08	97.92 %	Rp. 20.520,00
	Lemak	0	100 %	
	Serat	0	100 %	
	Karbohidrat	0	100 %	
MO_04	Protein	0	100 %	Rp. 120,00
	Lemak	0	100 %	
	Serat	0	100 %	
	Karbohidrat	0	100 %	

Berdasarkan Tabel 5.19 tersebut dapat dijelaskan bahwa secara keseluruhan penggunaan identifikasi P3 pada parameter MO_04 dapat menghasilkan rata-rata kesalahan senilai 0%, artinya penggunaan parameter MO_04 memberikan hasil komposisi bahan pakan yang sangat baik dalam pencapaian kebutuhan nutrisi optimal jika dibandingkan dengan penggunaan parameter MO_01, MO_02, dan MO_03, tetapi memiliki tingkat efisiensi yang rendah. Tingkat efisiensi tertinggi senilai Rp. 20.520,00 dapat dihasilkan menggunakan parameter MO_03 dengan persentase kesalahan (*error*) pemenuhan zat gizi protein senilai 2.08% sehingga penggunaan parameter MO_03 lebih dapat memberikan hasil terbaik.

5.2.5 Kesimpulan Pengujian

Setelah dilakukan pengujian terhadap butir uji yang terencana, dapat diketahui bahwa :

1. Berdasarkan pengujian terhadap fungsi-fungsi aplikasi, semua fungsi dapat berjalan dengan baik. Informasi (*output*) yang dihasilkan sesuai dengan data masukan atau prosedur yang dilakukan terhadap aplikasi.
2. Berdasarkan pengujian terhadap tingkat keberhasilan penghitungan, penerapan metode MOGA pada aplikasi optimasi komposisi bahan pakan ikan ini dapat bekerja dengan rata-rata tingkat keberhasilan penghitungan pemenuhan kebutuhan nutrisi mencapai 100% dan tingkat efisiensi biaya pakan sekitar 46.5% pada kasus lele dewasa. Pencapaian tingkat keberhasilan penghitungan pada kasus ikan lele dewasa tersebut dihasilkan melalui identifikasi P3 menggunakan parameter P_c 0.01 dan P_m 0.2 (MO_04), sedangkan pada kasus ikan patin siam dewasa rata-rata tingkat keberhasilan penghitungan untuk lemak, serat, dan karbohidrat mencapai 100% dan tingkat efisiensi biaya pakan sekitar 42.75% menggunakan parameter P_c 0.75 dan P_m 0.03 (MO_03).

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan pengujian, penerapan metode *Multi Objective Genetic Algorithm* (MOGA) pada aplikasi optimasi komposisi bahan pakan ikan air tawar dapat bekerja dengan baik.
2. Rata-rata tingkat keberhasilan penghitungan kebutuhan nutrisi ikan dapat mencapai 100% dan efisiensi biaya pakan sekitar 46.5% untuk menghasilkan pakan sejumlah 6 kg pada kasus ikan lele dewasa. Solusi tersebut dihasilkan menggunakan parameter jumlah gen 5, jumlah kromosom 200, probabilitas penyilangan (*crossover probability*) adalah 0.01, probabilitas mutasi 0.2, probabilitas pilihan (*elite probability*) adalah 0.03, dan jumlah generasi 5.
3. Aplikasi yang dihasilkan mampu menemukan kumpulan solusi pada setiap penelusuran dengan tingkat keberhasilan penghitungan dipengaruhi oleh penggunaan parameter algoritma genetika.
4. Aplikasi yang dihasilkan mampu memberikan nilai pencapaian solusi optimal pada variabel nilai gizi dan harga secara bersamaan dengan relatif cepat sambil mempertimbangkan terbatasnya sumber daya yang ada.
5. Kelemahan dari aplikasi yang dihasilkan adalah masih bersifat statis dalam menentukan variabel yang terlibat dan tidak memiliki fasilitas pencetakan dan penyimpanan hasil komposisi optimal yang telah ditemukan pada penelusuran sebelumnya.

6.2 Saran

Penulis ingin memberikan saran yang diharapkan dapat membantu pengembangan aplikasi optimasi komposisi bahan pakan ikan air tawar ini atau aplikasi yang lainnya.

1. Diharapkan dapat dikembangkan proses pemilihan bahan pakan ikan air tawar yang tidak hanya melibatkan kriteria nilai gizi dan efisiensi biaya saja, akan tetapi juga melibatkan kriteria lainnya yaitu mudah dicerna, tidak mengandung racun, dan mudah diperoleh.
2. Sistem ditujukan kepada masyarakat umum, sehingga diharapkan dapat dilakukan pelatihan untuk mempermudah penggunaannya.

Demikian hasil dari seluruh rangkaian kegiatan penelitian, semoga saran-saran yang ada dapat digunakan untuk pengembangan sistem pada masa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto, Eddy, dan Evi Liviawaty, "*Pakan Ikan*", Yogyakarta : Kanisius, 2005.
- Cahyono, Setiyo, "*Panduan Raktis Pemograman Database Menggunakan MySQL dan Java*", Bandung : PT. Informatika, 2006.
- Chang, Pei-Chann, "*Development of Multi-Objective Genetic Algorithms for Scheduling*" [online] available [http://yzu.edu.tw/admin/rd/files/rdso/G04/93/G04079\(1\).doc](http://yzu.edu.tw/admin/rd/files/rdso/G04/93/G04079(1).doc), diakses 4 Januari 2010.
- Deb K., "*Multi-objective Optimization Using Evolutionary Algorithms*" [Online] Available http://books.google.co.id/books?id=OSTn4GSy2uQC&pg=PA50&lpg=PA50&dq=weight+sum+method&source=bl&ots=tCmomClrh2&sig=QlwdP40MOFnr4R1tkOdRON2_nDw&hl=id&ei=uqe4S8KZL9OfraeU2szDCg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=9&ved=0CDIQ6AEwCA#v=onepage&q=&f=false, diakses 1 Februari 2010.
- Desiani, Anita, dan Muhammad Arhami, "*Konsep Kecerdasan Buatan*", Yogyakarta : Andi Yogyakarta, 2006.
- DJPB, Admin, "*Temu Pakan Nasional 2009*" [Online] Available http://www.perikanan-budidaya.dkp.go.id/detail_berita_fr.php?id=161, diakses 4 Januari 2010.
- Disyantik, "*Nilai Produksi menurut Perikanan Laut, Perairan Umum dan Budidaya*" [Online] Available http://riau.bps.go.id/attachments/Tabel%2002_4.pdf, diakses 4 Januari 2010.
- Disyantik, "*Produksi Perikanan menurut Kabupaten/Kota dan Jenis*" [Online] Available http://riau.bps.go.id/attachments/Tabel%2001_4.pdf, diakses 4 Januari 2010.
- Haupt, Randy L., dan Sue Ellen Haupt, "*Practical Genetic Algorithms*", Canada : John Wiley & Sons, Inc., 2004.

Hermawanto, Denny, "*Algoritma Genetika*" [Online] Available <http://ilmukomputer.com>, diakses 4 Januari 2010.

Kusumadewi, Sri, "*Artificial Intelligent (Teknik dan Aplikasinya)*", Yogyakarta : Graha Ilmu, 2003.

Moengin, Parwadi, "*Optimasi*", Jakarta : Universitas Trisakti, 2009.

Mohammadian M., "*Advances in Intelligent Systems: Theory and Applications*" [Online] Available <http://books.google.co.id/books?id=0AR-WbjmxiIC&pg=PA126&dq=weighted+sum+method&cd=6#v=onepage&q=&f=false>, diakses 1 Februari 2010.

Rismawan T., dan S. Kusumadewi, "*Aplikasi Algoritma Genetika untuk Penentuan Komposisi Bahan Pangan Harian*" [Online] Available <http://journal.uui.ac.id/index.php/Snati/article/viewFile/1756/1536>, diakses 4 Januari 2010.

Sukanto, Agus, "*Wawancara Mengenai Optimasi Komposisi Bahan Pakan Ikan Air Tawar*", Staf Bagian Perikanan Budi Daya Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Riau, wawancara dilakukan 10 Maret 2010.

Suyanto, "*Algoritma Genetika dalam Matlab*", Yogyakarta : Andi Yogyakarta, 2005.

Suyanto, "*Evolutionary Computation : Komputasi Berbasis Evolusi dan Genetika*", Bandung : Informatika, 2008.

Syafrizal M., "*Prediksi Pemakaian Beban Pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Metode Algoritma Genetika*", Skripsi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau, 2008.

Wikipedia, "*Pareto_efficiency*" [Online] Available http://en.wikipedia.org/wiki/Pareto_efficiency, diakses 4 Januari 2010.